

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Розробка технології механічної обробки деталі
кришки МШ28Д-00-03»**

Виконав здобувач вищої освіти II-го курсу
групи ПМ(ТМ)-21-3СК
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Сергій АНАНІЧЕВ

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Кирил ЩЕРБИНА

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»

Освітнього ступеня бакалавр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“___” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЮ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ананічев Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології механічної обробки деталі кришки МШ28Д-00-03.

керівник роботи: Щербина Кирил Костянтинович, доцент канд. техн наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № _____ від “__” ____ 20__ року

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1. Креслення деталі кришки МШ28Д-00-03 _____

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі _____

3.3. Річна програма випуску деталі кришки МШ28Д-00-03– 4800шт. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1. Загальна частина _____

4.2. Технологічна частина _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графічний матеріал - 3 л. ф.А1 _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	14.05.2024	
2	Технологічна частина	31.05.2024	
	Розробка презентації	14.06.2024	

Студент

_____ Ананічев С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ Щербина К.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 55 сторінках та графічної частини на 3 листах формату А1.

1. Актуальність роботи. Суть роботи полягає у розробці гнучкого технологічного процесу механічної обробки для деталі кришка МШ28Д-00-03 з використанням сучасного технологічного обладнання. Особлива увага приділятиметься застосуванню сучасних верстатів з ЧПК та багатоінструментальної наладки для підвищення продуктивності та скорочення часу на переналагодження.

2. Практична цінність роботи. У даній роботі розроблено гнучкий технологічний процес механічної обробки деталі кришка МШ28Д-00-03 з використанням сучасного технологічного обладнання. Розроблений маршрут забезпечує високу гнучкість виробництва завдяки застосуванню верстатів з ЧПК та багатоінструментальної наладки. Це дозволяє швидко переналагоджувати процес на випуск модифікацій деталі з мінімальними витратами часу та ресурсів.

3. Оцінка найбільш важливої суті роботи виконаної роботи.

У роботі проведено всебічний аналіз точності та технологічності деталей, що підлягають механічній обробці. На основі цього аналізу розроблено раціональну структуру технологічних операцій для забезпечення необхідної якості поверхонь деталей. Усі прийняті в проекті технічні та технологічні рішення ретельно обґрунтовані відповідними розрахунками. Зокрема, виконано розрахунки припусків на механічну обробку для усунення дефектного шару та забезпечення необхідної точності розмірів деталей. Визначено оптимальні режими різання для забезпечення продуктивності процесу та стійкості інструменту. Також розраховані технічно обґрунтовані норми часу на виконання операцій. Таким чином, у роботі комплексно вирішені питання вибору раціональної технології виготовлення деталей з урахуванням вимог щодо якості та продуктивності на основі сучасних наукових методик проектування технологічних процесів.

Ключові слова: механічна обробка, припуски, режими різання, нормування часу, технологічний процес.

Annotation

The qualification work consists of an explanatory note on 55 pages and a graphic part on 3 sheets of A1 format.

1. Relevance of the work. The essence of the work is to develop a flexible technological process of machining the part cover MSH28D-00-03 using modern technological equipment. Special attention will be paid to the use of modern CNC machines and multi-tool setup to increase productivity and reduce changeover time.

2. Practical value of the work. In this work, a flexible technological process for machining the cover part MSH28D-00-03 was developed using modern technological equipment. The developed route provides high production flexibility due to the use of CNC machines and multi-tool setup. This makes it possible to quickly reconfigure the process to produce modifications of the part with minimal time and resources.

3. Evaluation of the most important essence of the work performed.

A comprehensive analysis of the accuracy and manufacturability of the parts to be machined was carried out. On the basis of this analysis, a rational structure of technological operations was developed to ensure the required quality of the parts' surfaces. All technical and technological solutions adopted in the project are thoroughly substantiated by relevant calculations. In particular, we calculated machining allowances to eliminate the defective layer and ensure the required dimensional accuracy of the parts. Optimal cutting modes were determined to ensure process performance and tool life. Thus, the paper comprehensively addresses the issues of choosing a rational technology for manufacturing parts, taking into account the requirements for quality and productivity based on modern scientific methods of designing technological processes.

Key words: machining, allowances, cutting modes, time standardization, technological process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. Загальна частина	8
1.1. Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів.....	8
1.2. Вибір режиму роботи цеху та організація виробництва	12
1.3. Характеристика виробничої програми	14
1.4. Визначення типу виробництва.....	14
2. Технологічна частина.....	17
2.1. Аналіз точності та технологічності деталей.....	17
2.2. Аналіз діючих технологічних процесів.....	20
2.3. Вибір заготовок та способу їх виготовлення.....	20
2.4. Вибір методів обробки поверхонь деталей.....	23
2.5. Розробка маршрутів виготовлення деталей.....	25
2.6. Вибір технологічних баз.....	27
2.7. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення.....	28
2.8. Вибір затискних пристроїв.....	34
2.9. Вибір різальних інструментів.....	35
2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів.....	37
2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей.....	39
2.12. Визначення режимів різання.....	43
2.13. Технічне нормування операцій.....	48
Висновки.....	52
Література.....	53

ВСТУП

Основним напрямком розвитку технологічних процесів у металообробці є підвищення продуктивності та гнучкості, що пов'язане із значним зростанням кількості замовлень в дрібносерійному виробництві та необхідністю зменшення впливу людського фактору за рахунок автоматизації. Це стало можливо зарахунок впровадження гнучких верстатів з ЧПУ, у тому числі багатопрофільних обробляючих центрів і гнучких виробничих процесів.

Верстати з ЧПК забезпечують високий рівень гнучкості процесу механічної обробки, мінімальні витрати часу на переналагодження навіть при невеликих партіях деталей, а також високу точність обробки.

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки для сучасних умов виробництва доцільно розглядати декілька варіантів технологічних процесів з детальним аналізом доцільності використання різного обладнання (верстатів-напівавтоматів, верстатів з ЧПК, універсальних верстатів).

Верстати з ЧПК, порівняно з іншими верстатами, мають низку суттєвих переваг: оснащені контурними системами керування, збільшену кількість керованих координатних осей (до шести), що дозволяє виготовляти складні деталі, мають підвищену потужність головних приводів і приводів подач, вищу динамічну стійкість. Також вони обладнані пристроями для автоматичної зміни інструментів та заготовок. На токарних верстатах з ЧПК реалізується контурне програмне керування, що дозволяє обробляти складні криволінійні поверхні за заданою керуючою програмою. Також впроваджуються токарні верстати, обладнані інструментальними головками з індивідуальними приводами для кожного різального інструменту. Ця конструктивна особливість забезпечує можливість одночасної багатоінструментальної обробки за рахунок незалежного обертання різців, що підвищує продуктивність і гнучкість технологічного процесу.

Використання верстатів з ЧПК у поєднанні з промисловими роботами забезпечує повністю автоматизоване виготовлення деталей і дозволяє організувати їх обробку за "безлюдною" технологією без участі оператора.

1. Загальна частина

1.1. Характеристика вузла та деталей, обраних для проектування технологічних процесів

У гідросистемах в якості приводів активних робочих органів сільськогосподарських, дорожніх та інших машин використовується шестеренний насос НШ28Д-10Д-3-00.

Обертання гідронасосу здійснюється потоком рідини, яка заповнює западини ведучої 2 та веденої 3 шестерень (рис. 1.1), обмежених платиками 7 та підтискною обоймою 14. Єдиною опорою для цапф шестерень, що працює як підшипник ковзання, є підшипникова обойма 5 з встановленими в ній антифрикційними вкладишами 16 і 17. Підтискна обойма 14 створює тиск робочої рідини в порожнині радіальної манжети 13, яка ущільнює по периферії зубці шестерень зі сторони зони високого тиску.

Комплект сальникових ущільнень складається з кількох компонентів, які забезпечують герметизацію робочих порожнин насоса. Зазор між корпусом та натискним кільцем перекривається спеціальною прокладкою. Торці шестерень захищені двома ущільнювальними кільцями, які працюють під тиском робочої рідини у спеціальних камерах. Кромки ущільнювальних кілець оберігаються від деформації захисними вставками, стопорними кільцями та запобіжними прокладками.

Привідний вал гідронасосу герметизується сальниковим ущільненням, яке фіксується за допомогою опорного та пружинного кілець. Центрування привідного валу відносно корпусу забезпечується направляючою втулкою.

Кришка 4 приєднується до корпусу болтами, герметичність з'єднання корпусу з кришкою досягається встановленням резинового ущільнювального кільця 11. Під час транспортування вхідний та вихідний отвори закриваються пробками

18.

Технічна характеристика насоса шестеренного НШ28Д-10Д-3-00

Найменування параметра	Перша секція	Друга секція
1. Номінальний робочий об'єм, см	28	10
2. Частота обертання, с ⁻¹ :		
- номінальна	40	
- мінімальна	8,3	
- максимальна	50	
3. Номінальний об'єм подачі, л/хв.	61,8	21,0
4. Тиск на вході, МПа:		
- номінальний	0,08	
- максимальний	0,15	
5. Тиск на виході, МПа:		
- номінальний	16	
- максимальний	21	
6. Коефіцієнт корисної дії, не менше	0,80	
7. Коефіцієнт подачі, не менше	0,92	
8. Маса, кг	8,3	
9. Номінальна потужність, кВт	32,7	
10. Габаритні розміри, мм	296x174x144	
11. Температура навколишнього середовища, °С:		
- мінімальна	- 60	
- максимальна	+50	
12. Характеристика робочої рідини (кінематична в'язкість, мм ² /с):		
- номінальна	55 – 70	
- мінімальна	15	
- короткотривала, при старті	1000	
13. Температура, С:		
- мінімальна	0	
- максимальна	+80	

Деталь "кришка передня МП28Д-00-03" призначена для забезпечення герметичності робочої камери насоса підживлення, де відбувається нагнітання робочої рідини під тиском. У кришці виконані канали для підведення та відведення робочої рідини, а також передбачено встановлення запобіжного клапана. З цією метою під час відливання заготовки кришки всередині неї розміщується стальна втулка, в якій згодом оброблюється відповідна поверхня під сідло запобіжного клапана. У кришці також виконані отвори під підшипник ковзання, що забезпечують опору для вала та осі насоса підживлення, про що свідчить їх висока шорсткість.

Отже, основними функціями деталі є забезпечення герметичності робочої камери насоса, організація підведення та відведення робочої рідини, а також монтаж запобіжного клапана та опорних поверхонь для вала й осі насоса підживлення.

1.2. Вибір режиму роботи цеху та організації виробництва

Вибір режиму роботи цеху передбачає визначення змінності роботи основних підрозділів, розрахунок дійсних річних фондів часу для обладнання та робітників. Для машинобудівних заводів найбільш раціональним є п'ятиденний робочий тиждень з урахуванням коефіцієнта вимушених втрат часу для робітників через хвороби, виконання державних обов'язків тощо.

Дійсний річний фонд часу обладнання розраховується виходячи з кількості робочих днів за рік, тоді як для робітників при підрахунку дійсного річного фонду часу враховується коефіцієнт вимушених втрат часу.

У проектованому механічно-складальному цеху передбачається потокова форма організації виробництва, при якій операції обробки закріплюються за обладнанням, розташованим у відповідності з послідовністю цих операцій. Рух оброблених заготовок здійснюється в одному напрямку, а тривалість операцій рівнозначна або кратна такту випуску.

Дійсний річний фонд часу робочих місць без устаткування дорівнює номінальному річному фонду часу, оскільки відсутні втрати часу, пов'язані з ремонтами та експлуатацією обладнання.

Відомості про режим роботи цеха представлені в табл. 1.2.

Дійсний річний фонд часу

Назва елементів виробництва	Змінність праці	Номинальний річний фонд часу $F_{н}$, год.	Коефіцієнт простою обладнання в ремонті η	Тривалість відпустки, днів	Дійсний річний фонд часу $F_{д}$, год.
Обладнання різних категорій складності	2	4008	3 %	-	3890
Робочі місця без обладнання	2	4008	3 %	-	3890
Робітники	1	2004	-	24	1840

Виробництво організоване за технологічним принципом, при якому верстати та обладнання розташовані відповідно до послідовності операцій обробки деталей.

Виготовлення компонентів шестеренного насоса НШ28Д-10Д-3-00 здійснюється на ділянках механічної обробки, а збирання вузлів та кінцевого виробу виконується на складальній ділянці. Такий підхід поєднує технологічний та предметний типи виробництва.

1.3 Характеристика виробничої програми

Особливості, структура та склад технологічного процесу прийняті організаційними формами роботи на проектах виробничої ділянки. Вони залежать від обсягів виробничої програми та специфіки робіт, що застосовуються на робочих місцях.

Дані про виробничу програму наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Подетальна річна програма цеху

Назва виробу	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску	
		штук	тон
Кришка	0,98	3000	2,94

1.4. Визначення типу виробництва.

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва визначаємо згідно із значенням коефіцієнта закріплення операції $K_{з.о}$, який визначається за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P},$$

де: Q – кількість різних операцій, що виконуються на дільниці протягом місяця.

P – кількість робочих місць (верстатів) на дільниці, які забезпечують виконання операцій.

Коефіцієнт закріплення операцій ($K_{з.о}$) показує показник між загальною кількістю різних технологічних операцій, що містяться у виробничих підрозділах протягом місяця, та кількістю робочих місць.

Використовуючи наведені в таблиці дані базових технологічних процесів обробки деталей та застосовуючи обчислювальну техніку та відповідне програмне забезпечення, можна використовувати тип виробництва. Це дає можливість скоротити обсяг та тривалість деяких розрахунків. Результати визначення типу виробництва для деталей представлені нижче.

Розрахунок типу виробництва
Кришка передня МШ28Д-00-03

Вихідні дані

Програма випуску 3000

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання		Штучний час
5	3890		2.784
10	3890		1.14
15	3890		3.615
20	3890		2.057

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова		Прийнята	Кількість операцій на даному верстаті
	кількість верстатів	кількість верстатів		
5	0.0533	1	12.52	
10	0.0357	1	21.45	
15	0.0705	1	13.02	
20	0.0634	1	14.72	

Коефіцієнт закріплення операцій 9.424939

Тип виробництва – дрібносерійне.

Дрібносерійне виробництво є перехідною формою між одиничним виробництвом та випуском продукції дрібними партіями. Виготовлення виробів або окремих деталей, як правило, не повторюється. Обсяг серії є нестабільним, а збут обмежується наявними замовленнями або укладеними договорами. Через це швидко припиняється виробництво одних видів продукції та розпочинається освоєння нових. У такому виробництві можлива часткова спеціалізація обладнання та використання верстатів, які забезпечують швидке переналагодження. Застосовується універсальний та спеціальний різний інструмент. Використовуються спеціальні та універсальні затискні пристрої. Вимірювальні пристрої переважно є універсальними в поєднанні з калібрами та спеціалізованими вимірювальними засобами. Залучаються робітники різної кваліфікації.

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз точності та технологічності деталей

Розробка раціонального технологічного процесу механічної обробки деталей є важливим етапом підготовки виробництва, який значною мірою визначає його ефективність та якість кінцевої продукції. Для забезпечення високої продуктивності та економічності процесу необхідно ретельно проаналізувати конструктивні особливості деталей, вимоги до їх точності та якості поверхонь.

Саме аналіз точності та технологічності деталей закладає основу для обґрунтованого вибору методів обробки, режимів різання, типу обладнання та інструментального оснащення. Від глибини та всебічності такого аналізу залежить правильність прийнятих технологічних рішень та їх відповідність сучасним принципам гнучкого високопродуктивного виробництва.

У розділі 2.1 буде проведено детальний аналіз деталей "Кришка" на предмет їх технологічності, складності виконання розмірів, точності поверхонь, шорсткості тощо. Результати аналізу дадуть змогу обґрунтувати раціональний маршрут механічної обробки та структуру технологічних операцій для забезпечення заданої якості деталей при оптимальній продуктивності.

Кришка передня МП28Д-00-03 відноситься до класу корпусних деталей. Конструкція деталі (рисунок 2.1) є технологічною і достатньо простою для механічної обробки. Деталь має поверхні які оброблюються лише з двох сторін і це дає можливість обробляти її з мінімальною кількістю установ. Обробка ведеться переважно стандартними інструментами: токарними різцями, свердлами, зенкерами, торцевими фрезами. Всі отвори є наскрізними, їх вісі паралельні, конструкція деталі забезпечує легкий доступ інструментів для їх обробки. Жорсткість деталі є достатньо високою для застосування високих режимів обробки. Деталь має вдалі базові поверхні.

Деталь має небагато поверхонь, які оброблюються з високою точністю.

Такими є привалочний бурт $\varnothing 101,6f7$, два центрові отвори $\varnothing 7,99H10$, отвір $\varnothing 26$, в якому розміщується шийка шестерні ведучої та отвір $\varnothing 35H8$, в якому встановлюється ущільнювач. Обробка інших поверхонь ведеться з точністю 13 – 14 квалітетів і не становить труднощів. Вимоги по шорсткості більшості поверхонь складають $R_a 6,3 - 12,5$.

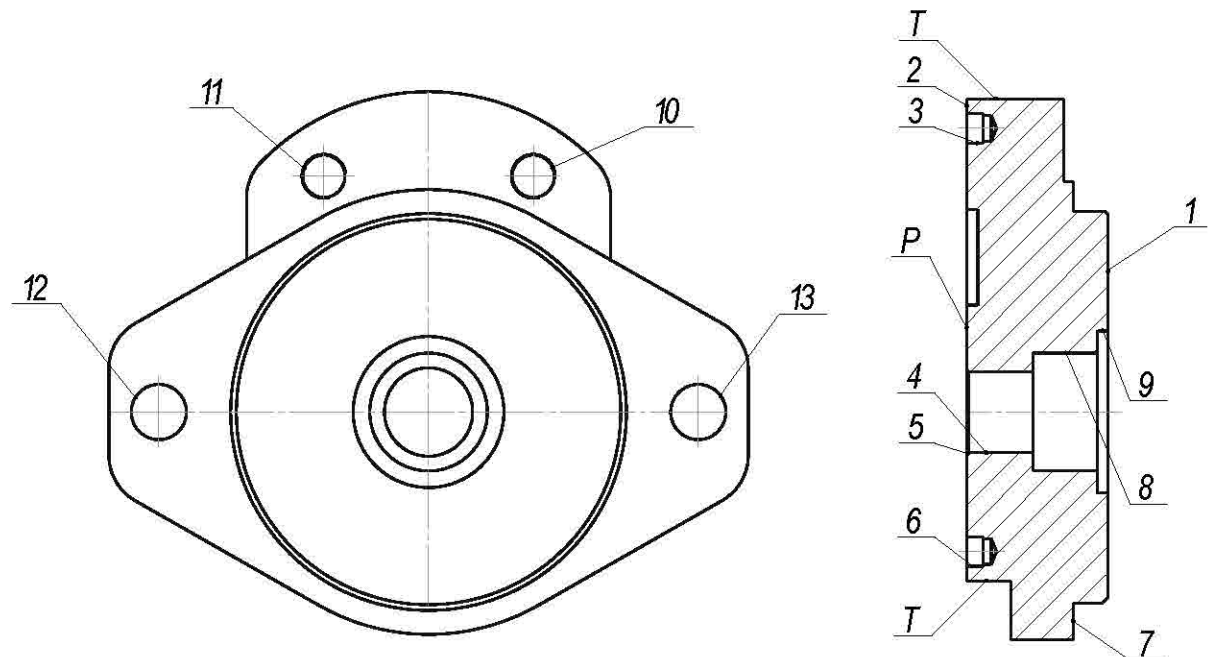


Рис. 2.1. Кришка передня МШ28Д-00-03

Дані аналізу приведено в таблиці 2.1.

Технічні умови на виготовлення деталі:

1. Маса заготовки 1,28 кг., не більше; КИМ не менше 0,876.
2. Допускається виготовлення із сплава АК9М2 за ДСТУ 2839-94.
3. Виливок 2 за ДСТУ 3015-95, точність виливка - 7-0-0-7 ГОСТ 26645-85.
4. Загальна пористість повинна бути не вище еталона №2 шкали пористості, а зональна - не вище еталона №3 шкали пористості за ДСТУ 3015-95.
5. Твердість 80...115 НВ.
6. Механічні властивості: $\sigma_T \geq 20 \text{ кГс/мм}^2$;
 $\delta \geq 1\%$.
7. Невказані ливарні радіуси - 2мм, нахили - 2°.

8. *Розміри для довідок.
9. **Розмір забезпечується інструментом.
10. Невказані граничні відхилення розмірів: H14, h14, $\pm(t/2)$.
11. На поверхнях Г та Д поверхневі пошкодження та ливарні дефекти не допускаються.
12. Маркувати марку сплаву у відповідності з ГОСТ 2171-90 випуклим шрифтом 5-Пр3 ГОСТ 26.088-85.

Таблиця 2.1

Параметри точності поверхонь кришки передньої МШ28Д-00-03

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями, заданими від розглядаємої поверхні	Квалітет точності	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні
1	2	3	4	5	6	7
1	Площина	30,5 _{-0,5}	h14		—	Ra6,3
2	Площина	9,5	h14	—		Ra2,0
3	Отвір	Ø7,99 ^(+0,058)	H10	—	—	Ra2,5
4	Отвір	Ø26	H14	—	—	Ra12,5
5	Фаска	0,4x45°	—	—	—	Ra12,5
6	Отвір	Ø7,99 ^(+0,058)	H10	—	—	Ra2,5
7	Бурт	Ø101,6 _{-0,05}	h14		—	Ra2,5
8	Отвір	Ø35 ^(+0,039)	H8	—	—	Ra2,5
9	Отвір	Ø50,8	H14	—	—	Ra2,5
10	Отвір різьбовий	M12	6H		—	Ra2,5
11	Отвір різьбовий	M12	6H		—	Ra2,5
12	Отвір	Ø14,3 ^{+0,25} _{-0,13}	H14		—	Ra2,5
13	Отвір	Ø14,3 ^{+0,25} _{-0,13}	H14		—	Ra2,5

Вимоги точності задані коректно і відповідають діючим стандартам. Метод встановлення розмірів – комбінований. Додатковими технічними умовами визначені твердість та місця маркування.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу

Для обробки деталі кришка передня МШ28Д-00-03 використовуються переважно напівавтомати та верстати з ЧПК, що характерно для середньосерійного виробництва.

Чорнова та чистова обробка площини роз'єму виконується на одному верстаті за один установ деталі, що позитивно впливає на точність. Крім того, використання обробляючих центрів з ЧПК, які працюють з безперервним циклом, дозволяє отримати необхідний параметр шорсткості за один прохід. Заготовки знімають та закріплюють під час робочого ходу, що підвищує продуктивність.

Обробка інших поверхонь ведеться на різних верстатах. При цьому дотримується правило єдності баз. Використання токарного верстата з ЧПК дозволяє сконцентрувати токарну обробку різних поверхонь на одному робочому місці і отримати достатньо високу точність.

Обробка всіх отворів зосереджена на обробляючому центрі. Такі верстати забезпечують обробку отворів по 8 – 9 квалітету точності. Висока продуктивність досягається завдяки обробці з різних боків, одночасному виконанню кількох технологічних переходів, суміщенню допоміжного часу на встановлення деталі з основним часом.

На всіх операціях технологічного процесу використовуються високі режими різання.

2.3. Вибір заготовок та способу їх виготовлення

Одним з ключових етапів проектування технологічного процесу механічної обробки деталей є обґрунтований вибір типу заготовок та способу їх виготовлення. Від цього вибору залежать як трудомісткість і собівартість наступних операцій обробки, так і забезпечення необхідної якості кінцевих виробів.

На сьогоднішній день існує широкий спектр методів отримання заготовок: лиття, гаряче і холодне штампування, вальцювання, штампування на молотах і пресах, електрофізичні та електрохімічні способи тощо. Кожен з них має свої переваги, обмеження та сфери раціонального застосування залежно від серійності виробництва, матеріалу деталі, її геометричної форми і точності.

У розділі 2.3 буде проведено аналіз технологічних вимог до заготовок деталей "Шестерня" і "Кришка" з урахуванням їх конструктивних особливостей. На основі цього аналізу буде обґрунтовано вибір найбільш доцільних заготовок та методів їх отримання, що дозволить забезпечити задану якість деталей при максимальній економії матеріальних і трудових ресурсів.

Вибір заготовок здійснюється з урахуванням конфігурації та матеріалу деталі, річної програми випуску, технічних вимог на виготовлення, а також технологічних можливостей виробництва. Важливим фактором у цьому процесі є визначення коефіцієнта використання матеріалу.

Деталь кришка передня являє собою корпусну деталь, виготовлену із алюмінієвого сплаву АК5М2 ДСТУ 2839 – 94. Допускається також виготовлення із сплаву АК9М2 ДСТУ 2839 – 94. Характеристики матеріалу та його хімічний склад приведені в таблицях 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.2

Механічні властивості матеріалу деталі

Марка сплаву	Тимчасовий опір розриву $\sigma_{тч}$, МПа (кгс/мм ²)	Відносний витяг δ , % не менше	Твердість НВ
АК5М2	160 (16)	1	100

Хімічний склад матеріалу деталі

Марка сплаву	Алюміній, Al	Магній, Mg	Кремній, Si	Мідь, Cu	Домішки
AK5M2	основа	0,2 – 0,5	11,0 – 13,0	1,0 – 3,0	–

Згідно вихідних даних заготовку отримуємо литвом.

У даному випадку раціонально прийняти метод отримання заготовки, передбачений базовим технологічним процесом, а саме литво під тиском. Цей метод дозволяє отримувати складні заготовки, конфігурація яких наближена до готових деталей. Литво під тиском переважно використовується для виготовлення заготовок із кольорових сплавів. Продуктивність методу може досягати 1000 деталей на годину. Точність виготовлення відповідає 11-12 квалітету, з параметром шорсткості Ra 25...12,5 мкм.

Приведемо економічне обґрунтування вибору методу отримання заготовки. Вартість заготовок, які отримані литвом під тиском можна визначити за такою формулою:

$$S_{заз} = \left(\frac{C}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000}$$

де:

C – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

k_T, k_c, k_v, k_m, k_n – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, ваги, марки матеріалу та об'єму виробництва заготовок;

Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

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

Розраховуємо вартість заготовки, отриманої методом литва під тиском:

$$S_{заз} = \left(\frac{30600}{1000} * 1.207 * 1 * 0.94 * 0.81 * 1 * 1.098 \right) - (1.207 - 0.98) * \frac{6760}{1000} = 29.34 \text{ грн}$$

2.4. Вибір методів обробки поверхонь

У сучасному машинобудуванні якість обробки поверхонь деталей відіграє вирішальну роль у забезпеченні їхньої надійності, довговічності та функціональності. Вибір оптимальних методів обробки поверхонь визначається цілою низкою факторів, включаючи механічні властивості матеріалу, конструктивні особливості деталей, вимоги до точності та шорсткості, а також економічну доцільність застосування конкретних технологій. Даний розділ присвячений аналізу та обґрунтуванню вибору методів обробки поверхонь, що забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики та відповідають сучасним технологічним можливостям виробництва. Розглянуто основні технологічні процеси, їх переваги, обмеження та галузі застосування.

Теорія технології машинобудування розглядає побудову раціонального технологічного процесу виготовлення деталей як цілеспрямований пошук з урахуванням численних конструктивних, функціональних, економічних особливостей та обмежень, а також особливостей управління та організації виробництва. На більшості з цих особливостей значний вплив має підмножина маршрутів обробки окремих поверхонь деталей. Таку підмножину маршрутів можна розмістити, виходячи з необхідної точності та шорсткості оброблених поверхонь деталей, а також точності заготовки на основі закону переносу похибок з урахуванням типів маршрутів обробки поверхонь і таблиці економічно доцільної точності різних методів обробки.

Загальне уточнення розраховуються за формулою:

$$\varepsilon_s = \delta_s / \delta_d$$

Розрахунок проводимо для поверхні $\varnothing 25_{-0,075}^{-0,060}$ деталі кришка .

Допуск на деталь становить $\delta_d = 0,015$ мм., шорсткість Ra 0,16 мкм., а допуск на заготовку $\delta_s = 2,2$ мм [3].

Вибираємо два маршрути обробки поверхні:

Перший маршрут складається з чорнового, напівчистового і чистового точіння, попереднє шліфування та чистове шліфування.

Другий маршрут складається напівчистового, чистового та тонкого точіння.

Загальне уточнення дорівнює $\varepsilon_3 = 140$.

Розраховуємо фактичне уточнення за формулою:

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4$$

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{2,2}{0,21} = 10,48 \quad \varepsilon_2 = \frac{0,21}{0,13} = 1,62 \quad \varepsilon_3 = \frac{0,13}{0,052} = 2,5 \quad \varepsilon_4 = \frac{0,052}{0,038} = 1,58$$

$$\varepsilon_5 = \frac{0,038}{0,013} = 2,54$$

$$\varepsilon_1 = \frac{2,2}{0,13} = 16,9 \quad \varepsilon_2 = \frac{0,13}{0,033} = 3,94 \quad \varepsilon_1 = \frac{0,033}{0,013} = 2,54$$

Для першого варіанту $\varepsilon_{\phi_1} = 175,58$; для другого $\varepsilon_{\phi_2} = 161,62$. Для обох варіантів умова $\varepsilon_{\phi} \geq \varepsilon_3$ виконується. Із двох варіантів перевагу віддаємо тому, який при виконанні нерівності ближче відповідає рівності, тому приймаємо другий варіант.

Результати розрахунків зведені до таблиць 2.4.

Технологічні маршрути обробки поверхонь кришки МШ28Д-00-03

Позначення поверхні	Допуск на поверхню за кресленням δ_d , мм	Шорсткість поверхні R_a , мкм	Допуск на заготовку поверхні δ_z , мм	Загальне уточнення ε_z	Можливі технологічні маршрути обробки	Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,52	6,3	0,56	1,08	1. Фрезерування	0,46	1,22
2	0,52	2,0	0,64	1,23	1. Точіння получистове	0,220	0,220
3, 6	0,058	2,5	0,9	15,5	1. Свердління 2. Розточування	0,09 0,058	10 1,55
4	0,43	12,5	0,56	1,3	1. Розточування	0,33	1,7
7	0,05	2,5	0,9	18	1. Точіння получистове 2. Точіння чистове 3. Точіння тонке	0,220 0,087 0,035	4,09 2,53 2,49
8	0,039	2,5	0,56	14,36	1. Розточування 2. Зенкерування чистове	0,062 0,039	9,03 1,59
9	0,16	2,5	0,56	3,5	1. Точіння полу чистове 2. Точіння чистове	0,46 0,12	1,28 3,8
12, 13	0,038	2,5	0,56	3,88	1. Розточування 2. Зенкерування чистове	0,070 0,027	8 2,6

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталей

Розробка маршруту виготовлення деталей є ключовим етапом у технологічному процесі, який визначає послідовність операцій та вибір оптимальних методів обробки для забезпечення необхідної якості продукції. Цей процес включає детальний аналіз конструктивних особливостей деталей, вибір відповідних заготовок, визначення режимів обробки, а також контроль проміжних і кінцевих результатів. Метою даного розділу є систематизація підходів до розробки маршруту виготовлення деталей, що враховують матеріалознавчі характеристики, вимоги до точності та шорсткості поверхонь, а також економічну ефективність виробництва. У розділі представлені

методики оптимізації технологічних процесів, що сприяють підвищенню продуктивності та якості виготовлення деталей, зниженню витрат та забезпеченню конкурентоспроможності продукції на ринку.

Зміст маршруту обробки представлений у вигляді контрасту назв технологічних операцій, стислого опису технологічних переходів та вказівки використаних верстатів.

Розроблені маршрути обробки поверхонь шестерня ведуча та кришка передня наведені в таблицях 2.6

Таблиця 2.6

Таблиця технологічних маршрутів обробки кришка передня МШ28Д-00-

03

Маршрутний технологічний процес	
базовий	проектуючий
1	2
005 Комплексна на ОЦ з ЧПК VF-3 Фрезерувати площину, свердлити отвори, нарізати різьбу	005 Комплексна на ОЦ з ЧПК VF-3 Фрезерувати площину, свердлити отвори, цекувати отвори, нарізати різьбу.
010 Комплексна на ОЦ з ЧПК VF-3 Цекувати отвори	010 Токарна з ЧПК 16К20Ф3С32 Підрізати торець, розточити отвір
015 Токарна з ЧПК 16К20Ф3С32 Підрізати торець, розточити отвір	015 Токарна з ЧПК 16К20Ф3С32 Точити бурт
020 Токарна з ЧПК 16К20Ф3С32 Точити бурт	020 Слюсарна ГМ 1765 Зачистити заусенці, притупити гострі кромки
025 Слюсарна ГМ 1765 Зачистити заусенці, притупити гострі кромки	025 Промивка ГМ 752 Промити деталі
030 Промивка ГМ 752 Промити деталі	030 Контрольна ГМ 3112 Перевірити якість слюсарної обробки, перевірити розміри

035 Контрольна ГМ 3112 Перевірити якість слюсарної обробки, перевірити розміри	
---	--

2.6 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є фундаментальним аспектом процесу виготовлення деталей, що суттєво впливає на точність обробки, стабільність якості та ефективність виробництва. Технологічні бази визначають координатну систему, відносно якої здійснюється обробка деталі, та забезпечують фіксацію й орієнтацію заготовки в ході різних технологічних операцій. Раціональний вибір баз ґрунтується на аналізі конструктивних особливостей деталі, вимог до точності виготовлення, технологічних можливостей обладнання, а також на принципах забезпечення мінімізації похибок базування.

У цьому розділі розглядаються основні підходи до вибору технологічних баз, включаючи класифікацію баз за типами, принципи їх визначення та застосування в різних умовах виробництва. Особлива увага приділяється методам оцінки похибок базування та їх впливу на кінцеву якість деталей. Представлено сучасні технологічні рішення та рекомендації щодо оптимізації вибору баз для підвищення продуктивності та точності обробки. Розділ спрямований на забезпечення науково-технічної підтримки процесу розробки технологічних маршрутів, що відповідають вимогам сучасного машинобудування.

Забезпечення технічних вимог до деталі здійснюється шляхом вибору раціональної схеми базування під час механічної обробки. Схема базування заготовок на верстатах повинна гарантувати достатню жорсткість встановлення заготовки, забезпечити точну орієнтацію у пристрої та забезпечити надійне закріплення.

Вибір технологічних баз для деталі кришка передня МПІ28Д-00-03.

За чорнову базу приймаємо поверхні Р (див. рис. 2.2.). Поверхні використовуються на першій операції для обробки площини роз'єму – чистової бази для послідуєчих операцій.

При обробці на операції 010 деталь закріплюється в патроні. Базовими по-верхніми при цьому є поверхні Т – упорна база та вісь – напрямна база.

На операції 015 деталь базується на площину – установча база та виступ Т.

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

Розробка структури та змісту технологічних операцій є критично важливим етапом у плануванні виробничого процесу, який безпосередньо впливає на якість, продуктивність і економічну ефективність виготовлення деталей. Вибір відповідного обладнання для виконання цих операцій є невід'ємною частиною процесу, що забезпечує точність, надійність і оптимальне використання ресурсів.

У цьому розділі розглядаються принципи побудови технологічних процесів, включаючи послідовність операцій, їх взаємозв'язок і інтеграцію у виробничу систему. Особлива увага приділяється критеріям вибору обладнання, яке найкраще відповідає вимогам до точності, продуктивності та технологічних можливостей обробки. Також аналізуються сучасні технологічні рішення та тенденції у сфері машинобудування, що сприяють підвищенню ефективності виробничих процесів.

Метою даного розділу є забезпечення науково-технічного обґрунтування вибору технологічних операцій та обладнання, що дозволить оптимізувати виробничий процес, знизити витрати та підвищити якість виготовленої продукції.

На основі розробленого технологічного маршруту обробки деталі, маршрутів обробки окремих поверхонь та аналізу постановки розмірів з

урахуванням технічних вимог до окремих поверхонь, розробляється структура та зміст кожної операції із зазначенням її номера та найменування. Структура та зміст технологічних операцій наведені в таблиці 2.7.

Тип та модель використовуваних металорізальних верстатів визначаються відповідно до обраного методу обробки поверхонь, їх точності та типу виробництва, з урахуванням розмірів заготовки. Моделі верстатів та їх технічні характеристики обираються з каталогів та довідників [3]. Вибрані верстати та їх технічні характеристики наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Металорізальні верстати для обробки кришки передньої МШ28Д-00-03

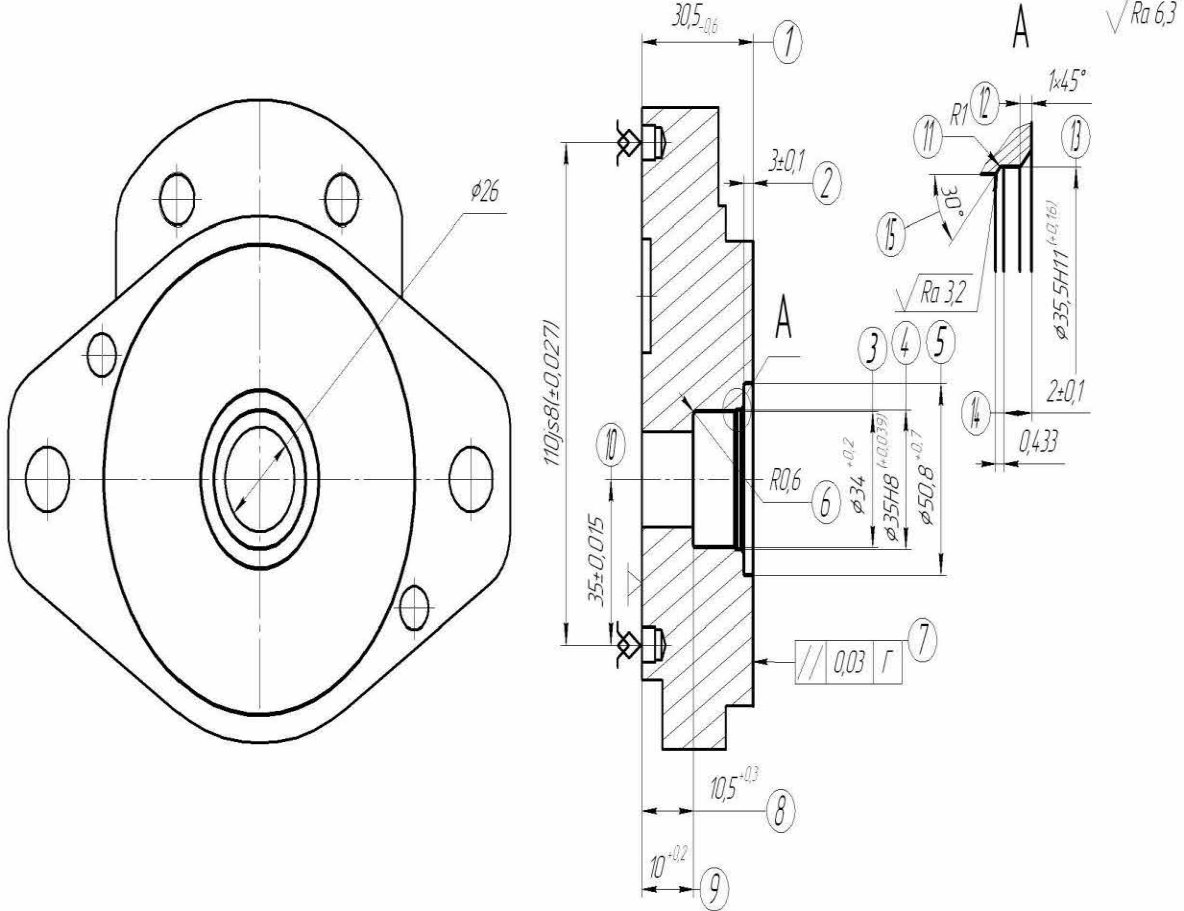
№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки	Ряд частот обертання (ХВ ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
005	VF-3	165 x 249	0÷7500	0,1÷3,2	15	4875 x3430x3025
010 015	16K20Ф3С32	220 x 500	20÷2500	0,05÷2,8	11	3250x1700x 2145

Таблиця 2.7

Структура технологічного процесу обробки деталі кришка передня МП28Д-00-03

№ операції	Найменування та модель верстату	Схема обробки	Зміст операції
1	2	3	4
005 Комплексна на ОЦ з ЧПК	Обробляючий центр з ЧПК VF-3	<p style="text-align: center;">Перехід 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11</p>	<p>01. Встановити і закріпити деталь.</p> <p>02. Фрезерувати площину витримуючи розмір 2.</p> <p>03. Свердлити 2 отвори, витримуючи розміри 7, 27, 28</p> <p>04. Свердлити 4 отвори, витримуючи розміри 8, 9, 10, 11, 18, 25, 26.</p> <p>05. Свердлити отвір витримуючи розміри 5, 16.</p> <p>06. Фрезерувати отвір, витримуючи</p>

1	2	3	4
		<p>Technical drawing showing dimensions and callouts for a mechanical part. Callouts 20-31 indicate specific features and dimensions. Dimensions include diameters ($\phi 10,2^{+0,2}$, $\phi 14,3^{+0,2}_{-0,1}$, $\phi 0,6(M)$), lengths (26_{max}, 22_{min}, $5^{+0,5}$, 7^*), and hole specifications ($2 \text{ отв. } M12-6H$, 2 отв., 2 отв.). Cross-sections A-A and B-B (M2:1) are shown.</p>	<p>розміри 4, 16. 07.Зенкерувати отвір, витримучи розміри 3, 6, 14. 08.Свердлити 2 отвори, витримуючи розміри 15, 17, 30. 09.Зенкерувати 2 отвори, витримуючи розміри 15, 17, 19, 29. 10. Цекувати 4 отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 7. 11.Нарізати різьбу в 4 отворах, витримуючи розміри 8, 10, 11, 12, 18, 20, 23.</p>

1	2	3	4
<p>010 Токарна з ЧПК</p>	<p>Токарний з ЧПК 16K20Ф3С32</p>	<p>Перехід 02, 03, 04, 05, 06</p> 	<p>01.Встановити і закріпити деталь. 02.Підрізати торець витримуючи розмір 1. 03.Врізати канавку, витримуючи розміри 2, 5, 10. 04. Розточити отвір, витримуючи розміри 3, 8, 10 попередньо. 05.Врізати канавку під стопорне кільце, витримуючи розміри 16, 17, 10. 06.Розточити отвір, точити фаску, витримуючи розміри 4, 9, 10, 11, 13, 14, 15 остаточно</p>

1	2	3	4
015 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК 16K20Ф3С32	<p style="text-align: center;">Перехід 02, 03, 04</p>	<p>01.Встановити і закріпити деталь.</p> <p>02.Підрізати торець, точити борт попередньо витримуючи розміри 3, 5, 6.</p> <p>03.Врізати канавку, витримуючи розміри 7, 8, 9, 10, 11, 12.</p> <p>04.Точити борт, витримуючи розміри 2, 4, 5, 6 остаточно.</p>

2.8. Вибір затискних пристосувань

Вибір затискних пристосувань є важливим аспектом технологічного процесу, що впливає на точність обробки, якість поверхні та стабільність параметрів виготовлення деталей. Раціонально обрані затискні пристосування забезпечують надійне закріплення заготовок, мінімізують деформації та дозволяють досягти високої повторюваності технологічних операцій. Вибір затискних пристосувань базується на аналізі конструктивних особливостей деталей, умов обробки, вимог до точності, а також специфіки використовуваного обладнання.

Цей розділ присвячений методології вибору затискних пристосувань, враховуючи сучасні технологічні вимоги та можливості. Розглядаються типи та конструкції затискних пристосувань, їх переваги та обмеження в різних виробничих умовах. Особлива увага приділяється впливу затискних сил на точність обробки та способам компенсації можливих похибок.

Метою даного розділу є надання науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору затискних пристосувань, які забезпечують оптимальну продуктивність, точність і якість обробки деталей, а також підвищення ефективності виробничих процесів.

Тип та конструктивні особливості затискних пристроїв для виконання кожної технологічної операції визначаються на основі обраної теоретичної схеми базування деталі та типу виробництва [3]. Обрані затискні пристрої для шестерні ведучої та кришки передньої, а також їх коротка характеристика, наведені в таблицях 2.9.

Затискні пристрої для затиску кришки передньої МШ28Д-00-03

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	4	5
005	Пристосування спеціальне Пристосування установочне	7380-6015 6490-6093	Механічний
010	Планшайба Патрон ГОСТ 2675-80	7135-6006 7100-0009	Механічний
015	Планшайба Патрон ГОСТ 2675-80	7135-6006 7100-0009	Механічний

2.9. Вибір ріжучих інструментів

У сучасному машинобудуванні та металообробці вибір ріжучих інструментів є критично важливим етапом, що значною мірою визначає ефективність виробничого процесу, якість готових виробів та економічні показники підприємства. Ріжучі інструменти використовуються для обробки різноманітних матеріалів, таких як метали, сплави, композити та полімери, з метою надання їм необхідної форми та розмірів шляхом механічного зняття шару матеріалу.

Основними факторами, що впливають на вибір ріжучих інструментів, є:

1. Властивості матеріалу заготовки: твердість, міцність, пластичність та інші фізико-механічні характеристики визначають тип та матеріал ріжучого інструменту.

2. Режими обробки: швидкість різання, подача, глибина різання та інші параметри, що впливають на процес обробки.

3. Точність і якість обробки: вимоги до точності розмірів, шорсткості поверхні та інші показники якості оброблених деталей.

4. Економічні міркування: вартість ріжучих інструментів, їх зносостійкість, можливість багаторазового використання та витрати на їх заміну і обслуговування.

Сучасні ріжучі інструменти виготовляються з різних матеріалів, включаючи швидкорізальну сталь, твёрдосплавні сплави, кераміку та надтверді матеріали, такі як полікристалічний алмаз та кубічний нітрид бору. Кожен з цих матеріалів має свої переваги та обмеження, що робить його придатним для певних умов обробки.

Також важливим аспектом є геометрія ріжучого інструменту, яка включає кут різання, форму і розташування ріжучих крайок. Правильний вибір геометричних параметрів дозволяє оптимізувати процес різання, зменшити зусилля різання, знизити знос інструменту і покращити якість обробленої поверхні.

Розвиток сучасних технологій, таких як комп'ютерне моделювання та аналіз процесів різання, а також впровадження автоматизованих систем управління інструментальним господарством, значно спрощує процес вибору ріжучих інструментів і дозволяє підвищити ефективність виробництва.

Враховуючи метод та стадію обробки, тип виробництва, фізико-хімічні характеристики матеріалів вихідної заготовки та інструменту, його міцність та стійкість, а також характер обробки, для кожного переходу обираємо відповідний ріжучий інструмент. Відомості про обрані інструменти отримуємо з довідників [3]. Характеристики вибраного інструменту для обробки поверхонь деталей наведені в таблицях 2.10.

Таблиця 2.10

Ріжучий інструмент для обробки кришки передньої МШ28Д-00-03

Номер			Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Різальна частина	
Операції	Позиції	Переходу			Матеріал/пластина	Стандарт (ГОСТ)
1	2	3	4	5	6	7
005		2	Фреза торцева	15C2WPM	K110M	TRGG
		3	Свердло Ø 8	B411A	KF1	TRTT
		4	Свердло Ø 10.2	B411A	KF1	TRTT
		5	Свердло Ø 25	B411A	KF1	TRTT
		6	Фреза Ø25	R390	H13A	02E-KM
		7	Зенкер торцевий Ø26	2323-6022	P6M5	19265-73
		8	Свердло Ø 14	2300-6004	P6M5	19265-73

		9	Зенкер торцевий Ø30	2323-6022	BK6	3882-74
		10	Зенкер торцевий Ø26	2323-6022	BK6	3882-74
		11	Мітчик M12	2620-4218	P6M5	19265-73
010		2	Різець	2103-0057	BK6	3882-74
		3	Різець	2126-4023	P6M5	19265-73
		4	Різець	2146-4083	T15K6	18877-73
		5	Різець	2126-6020	T15K6	18877-73
		6	Різець	2146-4083	T15K6	18877-73
015		2	Різець	2103-0057	BK4	18882-73
		3	Різець	2126-4208	BK4	18882-73
		4	Різець	2103-0057	BK6	3882-74

2.10. Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів є важливим етапом у забезпеченні якості виробничих процесів та готових виробів. У сучасному машинобудуванні та металообробці точність вимірювань безпосередньо впливає на відповідність продукції технічним вимогам, зменшення виробничих витрат та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

При виборі вимірювальних пристроїв та інструментів необхідно враховувати кілька ключових факторів:

1. Точність вимірювання: вимоги до точності визначають вибір відповідних приладів, що можуть забезпечити необхідну точність та надійність вимірювань.

2. Розмір та якість вимірюваної поверхні: характеристики поверхні, такі як шорсткість, форма та розміри, впливають на вибір засобів вимірювання.

3. Тип виробництва: масове, серійне чи індивідуальне виробництво визначають обсяг та типи вимірювань, а також вимоги до швидкості та автоматизації вимірювальних процесів.

Для контролю циліндричних поверхонь переважно використовуються калібр-скоби та калібр-пробки, які забезпечують високу точність і простоту використання. Для найбільш точних поверхонь застосовуються важільні скоби з контрольними зразками, що дозволяє досягти необхідної точності вимірювань. Лінійні розміри вимірюються за допомогою калібрів, що забезпечують надійність та точність визначення розмірів.

Для контролю технічних вимог, таких як форма та розташування поверхонь, використовуються спеціальні пристосування, оснащені індикаторами різних типів. Ці пристосування дозволяють проводити комплексну оцінку відповідності виробів технічним умовам.

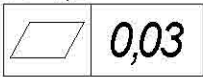

Для контролю шорсткості поверхонь застосовуються профілометри, зокрема системи “М”, які забезпечують високоточне визначення параметрів шорсткості та дозволяють оперативно коригувати технологічні процеси.

Таким чином, правильний вибір вимірювальних пристроїв та інструментів є запорукою високої якості продукції та ефективності виробничих процесів. Відомості про вибрані засоби технічного контролю наведені в таблицях 2.11.

Засоби технічного контролю технічних операцій обираються з урахуванням точності вимірювання, розміру та якості вимірюваної поверхні, а також типу виробництва. Вибрані засоби технічного контролю наведені в таблицях 2.11.

Для контролю циліндричних поверхонь використовуються переважно калібр-скоби та калібр-пробки, а для найбільш точних поверхонь – важільні скоби з контрольними зразками. Лінійні розміри вимірюються за допомогою калібрів. Для контролю технічних вимог використовуються спеціальні пристосування, оснащені індикаторами різних типів. Для контролю шорсткості поверхонь використовується профілометр системи “М”.

**Вимірювальний інструмент для контролю деталі
кришка передня МШ28Д-00-03**

Номер операції	Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
1	2	3	4
005	$20 \pm 0,2$ 	Пристосування спеціальне Індикатор 2МИГ ПЩ-І-125-0 Профілометр	8533-4075 ГОСТ 9696-82 ГОСТ 166-89 ГОСТ 19300-86
	$\varnothing 7,99^{+0,058}$	Калібр-пробка Калібр на глибину	8133-0901 8151-4535
	$\varnothing 26^{+0,5}$	Пристосування спеціальне	8151-4177
	$\varnothing 10^{+0,2}$ М12	ПЩ-І-125-0 Калібр Калібр-пробка	ГОСТ 166-89 8151-6091 8221-3053
010	$30,5_{-0,6}$ 	ПЩ-І-125-0 Стойка Індикатор ИЧ10	ГОСТ 166-89 ГОСТ 10197-70 ГОСТ 577-68
	$3 \pm 0,1$	Пристосування спеціальне	8151-4177
	$\varnothing 35^{+0,039}$	Нутромір Профілометр	ГОСТ 9244-75 ГОСТ 19300-86
015	$\varnothing 102,5_{-0,2}$	ПЩ-І-125-0 Профілометр	ГОСТ 166-89 ГОСТ 19300-86
	$\varnothing 101,6_{-0,05}$	Профілометр	ГОСТ 19300-86

2.11. Визначення припусків та операційних розмірів деталей

Визначення припусків та операційних розмірів деталей є одним із ключових етапів технологічного процесу машинобудування. Цей етап суттєво впливає на точність виготовлення деталей, витрати матеріалів, тривалість обробки та загальну економічну ефективність виробництва.

Припуски — це додаткові шари матеріалу, які залишаються на заготівці для подальшої обробки з метою досягнення необхідних розмірів та якості поверхні. Операційні розміри визначаються на кожній стадії обробки і

враховують необхідні припуски для забезпечення точності та якості кінцевих деталей.

Основними аспектами, які необхідно враховувати при визначенні припусків та операційних розмірів, є:

1. Технологічний процес: вибір методів обробки та послідовності операцій, що впливають на величину припусків та точність операційних розмірів.

2. Матеріал деталі: фізико-механічні властивості матеріалу впливають на вибір припусків, оскільки різні матеріали мають різну здатність до обробки.

3. Точність та якість поверхні: необхідні кінцеві характеристики поверхні визначають величину припусків та послідовність операцій.

4. Тип виробництва: у масовому виробництві припуски зазвичай менші, оскільки процеси оптимізовані для мінімізації витрат матеріалу і часу.

Сучасні підходи до визначення припусків включають використання комп'ютерного моделювання та симуляційних технологій, що дозволяють точно прогнозувати результати обробки та оптимізувати технологічні процеси. Це дає змогу зменшити кількість відходів, покращити якість продукції та підвищити продуктивність виробництва.

Відомості про розраховані припуски та операційні розміри для кожної стадії обробки наведені в таблицях 2.12. Ці дані базуються на детальному аналізі технологічного процесу, властивостей матеріалів та вимог до кінцевих виробів.

Таким чином, правильне визначення припусків та операційних розмірів є критично важливим для забезпечення високої якості продукції та ефективного використання ресурсів у виробничих процесах.

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку.

Для розрахунку використовуємо методику В.М. Кована. Припуски розраховуємо аналітичним методом на поверхню $\varnothing 25_{-0,075}^{-0,060}$.

Маршрут обробки поверхні:

1. Точіння полу чистове
2. Точіння чистове
3. Точіння тонке

Для заготовки значення шорсткості, дефектного шару та коробління складають відповідно:

$$R_z = 0,15 \text{ мм} \quad T = 0,2 \text{ мм} \quad \Delta_k = 0,5 \text{ мм}$$

Допуск на розмір заготовки $\delta_3 = 2,2 \text{ мм}$.

Для точіння полу чистове: $R_z = 0,1 \text{ мм} \quad T = 0,3 \text{ мм} \quad \delta = 0,13 \text{ мм}$

Для точіння чистового: $R_z = 0,6 \text{ мм} \quad T = 0,12 \text{ мм} \quad \delta = 0,033 \text{ мм}$

Для точіння тонкого: $R_z = 0,4 \text{ мм} \quad T = 0,003 \text{ мм} \quad \delta = 0,013 \text{ мм}$

Мінімальний припуск розраховується за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2(R_z + T + \Delta_k)$$

де:

R_z – параметр шорсткості, мм

T – товщина дефектного шару, мм

Δ_k – просторові відхилення деталі, мм

Значення мінімального припуску:

для точіння полу чистового $2Z_{\min 1} = 1,38 \text{ мм}$

для точіння чистового $2Z_{\min 2} = 0,473 \text{ мм}$

для точіння тонкого $2Z_{\min 3} = 0,072 \text{ мм}$

Максимальний припуск розраховується за формулою:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + \delta_{i-1} + \delta_i$$

де:

δ_{i-1} – технологічний допуск на попередньому переході, мм

δ_i – технологічний допуск на даному переході, мм

Значення максимального припуску:

для точіння полу чистового $2Z_{\max 1} = 1,88 \text{ мм}$

для точіння чистового $2Z_{\max 2} = 0,795 \text{ мм}$

для точіння тонкого $2Z_{\max 3} = 0,265 \text{ мм}$

Операційні розміри розраховуються за формулами:

$$D_{\min i-1} = D_{\max i} + 2Z_{\max i}$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i} + 2Z_{\min i}$$

для точіння полу чистового $D_{\min 1} = 25,62 \text{ мм}$

$$D_{\max 1} = 26,12 \text{ мм}$$

для точіння чистового $D_{\min 2} = 25,147 \text{ мм}$

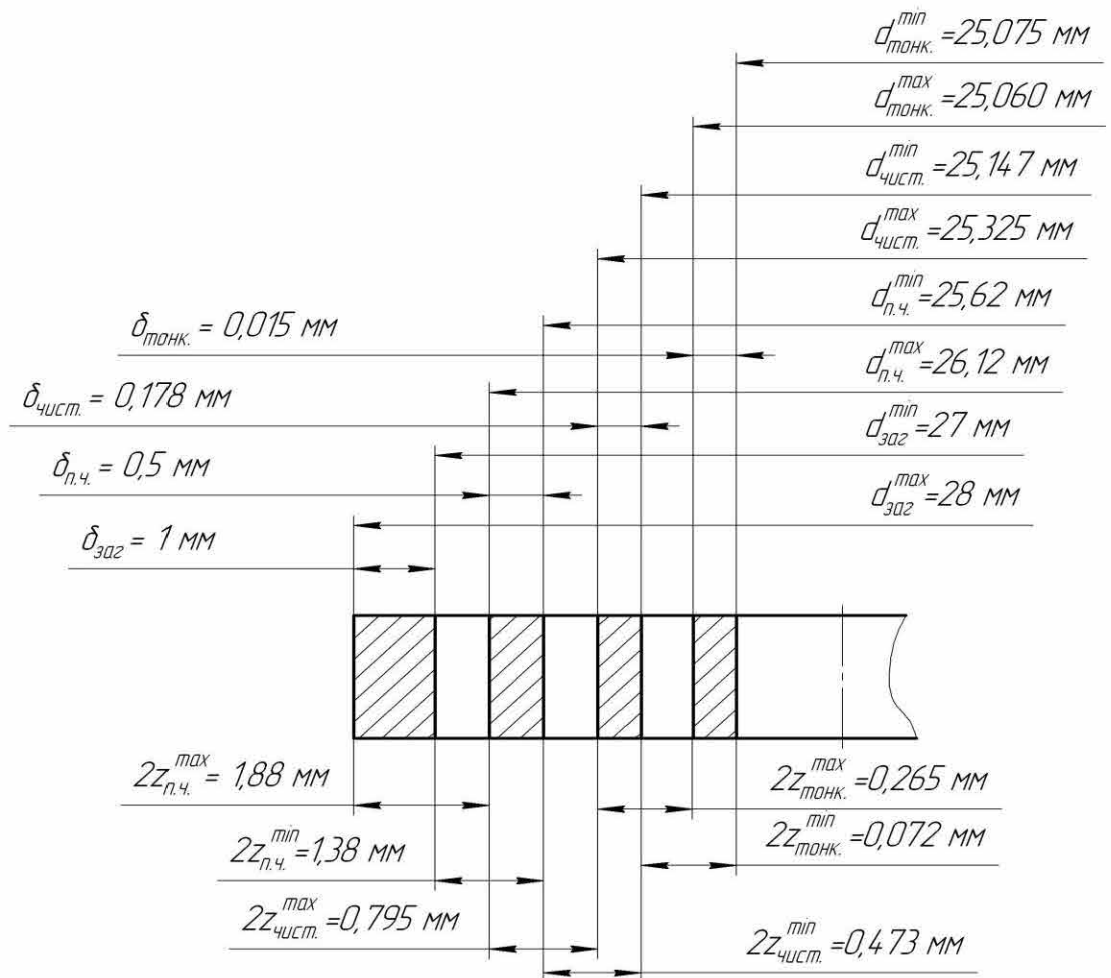
$$D_{\max 2} = 25,325 \text{ мм}$$

для точіння тонкого $D_{\min 3} = 25,075 \text{ мм}$

$$D_{\max 3} = 25,060 \text{ мм}$$

На інші поверхні припуски визначаємо за довідниковими таблицями та заносимо в таблицю 2.12.

Схема графічного розташування припусків представлена на рис. 2.3.



2.3. Схема графічного розташування припусків

Припуски на обробку деталі кришка передня МШ28Д-00-03

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} (мм)	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5
1	Площина	1. Фрезерування	0,5	0,12
2	Площина	1. Точіння получистове	1	0,3
3, 6	Отвір	1. Свердління 2. Розточування	0,6 0,25	0,18 0,074
4	Отвір	1. Розточування	1,3	0,3
7	Бурт	1. Точіння получистове 2. Точіння чистове 3. Точіння тонке	0,5 0,3 0,12	0,21 0,084 0,018
8	Отвір	1. Розточування 2. Зенкерування чистове	0,5 0,3	0,12 0,07
9	Отвір	1. Точіння полу чистове 2. Точіння чистове	0,4 0,21	0,03 0,021
12, 13	Отвір	1. Розточування 2. Зенкерування чистове	0,5 0,3	0,12 0,07

2.12. Визначення режимів різання

Визначення режимів різання є важливим етапом в технологічному процесі металообробки, який впливає на ефективність виробництва, якість оброблених поверхонь та довговічність ріжучих інструментів. Правильно встановлені режими різання забезпечують оптимальний баланс між швидкістю обробки, якістю деталей та витратами на інструменти і матеріали.

Основними параметрами режимів різання є швидкість різання, подача, глибина різання і кут нахилу інструменту. Кожен з цих параметрів має бути ретельно розрахований та узгоджений з урахуванням таких чинників:

Матеріал заготовки: фізико-механічні характеристики матеріалу, такі як твердість, міцність, теплопровідність, безпосередньо впливають на вибір

режимів різання.

Матеріал та геометрія ріжучого інструменту: тип інструментального матеріалу (швидкорізальна сталь, твердий сплав, кераміка тощо) та геометричні параметри інструменту визначають оптимальні умови різання для забезпечення максимальної продуктивності та тривалого терміну служби інструменту.

Тип обробки: чорнова, чистова, остаточна обробка вимагають різних підходів до визначення режимів різання.

Технологічні вимоги: точність розмірів, шорсткість поверхні, термостійкість та інші вимоги до готової деталі.

Тип виробництва: в масовому виробництві доцільно застосовувати більш агресивні режими різання для підвищення продуктивності, тоді як в одиничному чи дрібносерійному виробництві важливішою може бути якість поверхні та точність обробки.

Сучасні методи визначення режимів різання включають використання комп'ютерного моделювання, експериментальні дослідження та емпіричні формули, що базуються на багаторічному досвіді металообробки. Це дозволяє значно підвищити точність і ефективність процесу, а також знизити витрати на інструменти та енергоресурси.

Відомості про оптимальні режими різання для різних матеріалів та типів обробки наведені в таблицях 2.13. Ці дані є результатом комплексного аналізу літературних джерел, експериментальних досліджень та практичного досвіду виробництва.

Таким чином, правильне визначення режимів різання є основою для забезпечення високої продуктивності, якості та економічної ефективності виробничих процесів.

Розрахунок режимів різання здійснюємо для технологічної операції 005 обробки деталі кришка передня МП128Д-00-03. Деталь оброблюється на обробляючому центрі з ЧПК. Розрахунок здійснюємо за допомогою емпіричних формул.

Виконуємо розрахунок для переходу 2: фрезерувати площину.

Швидкість різання визначається за формулою:

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

де:

C_v – коефіцієнт; T – період стійкості; t – глибина різання, мм; S – подача, мм/об; $m=0,28$; $x=0,12$; $y=0,5$ – показники ступенів відповідно при T , t , S .

K_v – коефіцієнт, розраховується за формулою:

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

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 2,7 = 2,7$$

де:

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструмента;

$R_a 2,0$ $D_{\max} = 125$ мм $t = 2$ мм $i = 1$

$$v = \frac{392}{60^{0,28} \cdot 2^{0,12} \cdot 0,74^{0,5}} \cdot 2,7 = 3926 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання інструменту за формулою:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 392,6}{3,14 \cdot 125} = 1000,25 \text{ хв.}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n_{\text{пасп.}} = 1000 \text{ хв.}^{-1}$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p$$

Значення коефіцієнту C_{m_2} та показники степені вибираємо з таблиць [3].

$C_p = 26,6$; $q = 0,25$; $y = 1,5$

Поправочний коефіцієнт:

$$K_p = 0,45$$

Тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 26,6 \cdot 101^{0,25} \cdot 0,1^{1,5} \cdot 0,45 = 8,64 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975}$$

$$N_p = \frac{8,64 \cdot 1000}{975}$$

Перевірка по потужності:

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

$$8,86 \leq 1,2 \cdot 15 \cdot 0,8$$

$$8,86 \leq 14,4$$

Умова виконується.

Основний час визначаємо за формулою:

$$t_o = \frac{l}{n \cdot S} \cdot i$$

$$t_o = \frac{125}{1000 \cdot 0,74} \cdot 1 = 0,17$$

де:

l – довжина робочого ходу, мм; n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

S – подача, мм/об; i – кількість проходів.

На решту операцій елементи режимів різання для деталей шестерня ведуча МП28Д-00-02 та кришка передня МП28Д-00-03 приведені відповідно в таблицях 2.13.

**Режими різання на операціях механічної обробки кришка передня
МШ28Д-00-03**

Номер			t, мм	S _o , мм/об, S _{xb} , мм/xb	v, м/xb	n, об/xb	t _o , xb
Операції	Позиції	Переходу					
1	2	3	4	5	6	7	8
005		2	2	800	392	1000	0,17
		3	4	1200	150	6000	0,12
		4	5,1	1400	150	4700	0,15
		5	12,5	420	471	6000	0,1
		6	0,5	1000	471	6000	0,12
		7	2	1000	100	1200	0,19
		8	7,1	1000	150	3400	0,13
		9	2	180	100	1100	0,35
		10	5	60	49	600	0,43
		11	1,75	700	15	400	0,14
010		2	1,5	0,1	200	620	0,84
		3	3	0,05	48	300	0,2
		4	4	0,05	43	400	1,05
		5	1	0,05	133	1000	0,04
		6	0,5	0,05	88	800	0,53
							Σ2,66
015		2	1,5	0,1	95	250	0,8
		3	2	0,05	138	1000	0,1
		4	0,5	0,05	100	315	0,63
							Σ1,53

2.13. Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій є фундаментальним елементом планування та організації виробничих процесів у машинобудуванні та металообробці. Воно охоплює визначення обґрунтованих норм витрат часу, матеріалів та інших ресурсів на виконання технологічних операцій, що сприяє оптимізації виробництва, підвищенню продуктивності та забезпеченню високої якості продукції.

Процес технічного нормування включає такі основні етапи:

1. Аналіз технологічного процесу: детальне вивчення всіх стадій виробництва, включаючи підготовку, основні та допоміжні операції, транспортні та складські процеси.

2. Визначення основних норм: встановлення норм часу на виконання кожної операції, норм витрат матеріалів та інструментів, а також енергетичних ресурсів. Це здійснюється на основі стандартів, технічної документації, експериментальних досліджень та емпіричних даних.

3. Оцінка впливу зовнішніх факторів: врахування умов виробництва, таких як температура, вологість, освітленість, а також впливу людського фактора, кваліфікації робітників та їхнього фізичного стану.

4. **Впровадження нових технологій: адаптація норм до нових технологічних процесів та обладнання, що дозволяє підвищити ефективність виробництва та знизити витрати.

5. Моніторинг та коригування норм: регулярний контроль виконання встановлених норм, аналіз відхилень та внесення необхідних коригувань для забезпечення відповідності реальним умовам виробництва.

Основною метою технічного нормування є створення умов для раціонального використання ресурсів, підвищення продуктивності праці та зниження виробничих витрат. Це досягається через оптимізацію робочих

процесів, усунення непотрібних операцій, зменшення простоїв та підвищення ефективності використання обладнання.

Дані про встановлені технічні норми для різних виробничих операцій наведені в таблицях 2.14. Ці норми є результатом ретельного аналізу та узагальнення досвіду роботи підприємств, наукових досліджень та рекомендацій галузевих стандартів.

Таким чином, технічне нормування операцій відіграє ключову роль у забезпеченні високої ефективності та конкурентоспроможності виробництва, сприяючи стабільному розвитку підприємства та задоволенню потреб ринку.

Розрахунок норм часу виконуємо на операцію 005, яка виконується на на обробляючому центрі з ЧПК.

Норма штучного часу $t_{шт}$, розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{відп},$$

де: t_o – основний час визначається в розділі розрахунок режимів різання;

t_d – допоміжний час, який включає в себе: час на встановлення та зняття деталі; час на підведення, відведення та зміну ріжучого інструменту; час на керування верстатом; час на проведення контрольних вимірів.

Розрахунок основного часу проведено в розділі розрахунків режимів різання.

$$t_{o(005)} = 1,93 \text{ хв.}$$

Елементи допоміжного часу вибираються з нормативних таблиць:

$$t_d = t_{в.з.} + t_{п.в.} + t_{кер.} + t_{вим.}$$

$t_{в.з.}$ – час на встановлення та зняття деталі – 0,1 хв. ;

$t_{п.в.}$ – час на підведення та відведення інструмента – 0,24 хв. ;

$t_{\text{кер.}}$ – час на керування верстатом – 0,01 хв. ;

$t_{\text{вим.}}$ – час на проведення контрольних вимірів – 0,48 хв.

Тоді:

$$t_d = 0,1 + 0,24 + 0,01 + 0,48 = 0,83 \text{ хв.}$$

$t_{\text{т.о}}$ – час на технічне обслуговування обладнання, розраховується за формулою:

$$t_{\text{т.о}} = \alpha \cdot t_o$$

де: α - нормативний процент від основного часу – 4% ;

$$t_{\text{т.о}} = 0,04 \cdot 1,93 = 0,08 \text{ хв.}$$

$t_{\text{о.о}}$ – час на організаційне обслуговування, розраховується за формулою:

$$t_{\text{о.о}} = \beta \cdot t_{\text{оп}}$$

де: β – нормативний процент від оперативного часу – 4,5%;

$t_{\text{оп}}$ – оперативний час, є сумою основного та допоміжного часу;

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_d = 1,93 + 0,83 = 2,76 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{о.о}} = 0,045 \cdot 2,76 = 0,12 \text{ хв.}$$

$t_{\text{відп}}$ – час на перерви відпочинок та особисті потреби, розраховується за формулою:

$$t_{\text{відп}} = \gamma \cdot t_{\text{оп}}$$

де: γ – нормативний процент від оперативного часу – 6%;

$$t_{\text{відп.}} = 0,06 \cdot 2,76 = 0,14 \text{ хв.}$$

Тоді норма штучного часу становить:

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_d + t_{\text{т.о.}} + t_{\text{о.о.}} + t_{\text{відп.}} = 1,93 + 0,83 + 0,08 + 0,12 + 0,14 = 3,1 \text{ хв.}$$

На решту операцій механічної обробки деталей виконуємо нормування згідно відомих рекомендацій з використанням таблиць, довідників, виробничих нормативних документів.

Результати вибору та розрахунку норм часу заносимо в таблиці 2.26 і 2.27.

Таблиця 2.14

**Результати технічного нормування операцій механічної обробки
кришка передня МШ28Д-00-03**

№ операції	t_o , хв	t_d , хв	$t_{\text{обсл.}}$, хв	$t_{\text{відп.}}$, хв	$t_{\text{шт.}}$, хв	$T_{\text{п-з.}}$, хв
005	1,93	0,83	0,2	0,14	3,1	28
010	2,66	0,57	0,2	0,16	3,59	10
015	1,53	0,38	0,15	0,11	2,16	10

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В кваліфікаційній роботі на тему: «Розробка технології механічної обробки деталі кришки МШ28Д-00-03» виконаний аналіз діючих на базовому підприємстві технологічних процесів, на основі чого запропоновані зміни.

У роботі розроблено технологічні процеси механічної обробки деталей, які забезпечують виготовлення виробів із заданими вимогами щодо точності розмірів, форми та якості поверхонь. Для реалізації цих процесів застосовано нове високопродуктивне обладнання, зокрема верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), що надає виробництву високу гнучкість та можливість використання ефективних режимів різання.

Завдяки впровадженню верстатів з ЧПК вдалося скоротити необхідну кількість одиниць технологічного обладнання, звільнити додаткові виробничі площі та зменшити чисельність робітників, задіяних у виготовленні деталей. Разом з тим, забезпечено високу продуктивність процесу механічної обробки.

Використання верстатів з ЧПК та раціональних технологічних рішень дозволило знизити собівартість обробки деталей без втрати якості та продуктивності виробництва.

Отже, розроблені технологічні процеси механічної обробки із застосуванням сучасного високопродуктивного обладнання забезпечують гнучке виготовлення деталей із заданою точністю при одночасному підвищенні ефективності виробництва за рахунок економії виробничих ресурсів та зниження собівартості продукції..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Література

1. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Изд-е 4-е, исправл. и доп. Л., «Машиностроение» Ленингр. отд-ние, 1975. – 656 с.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т 1 - М.: Машиностроение, 1978.
3. Болотин Х. Л., Костромин Ф. П. Станочные приспособления. - М.: Машиностроение, 1983.
4. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - М.: Высш. Шк., 1975.
5. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.
6. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник /Г. П. Демиденко, Е. П. Кузьменко, П. П. Орлов и др.; Под ред. Г. П. Демиденко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 287 с.: ил.
7. Иноземцев Г. Г. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, - 1984.
8. Инструмент для обработки отверстий. Taegu holemaking.
9. Каплунов Р. С. Точность контрольных приспособлений. - М.: Машиностроение, 1968.
10. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983.
11. Кострюков В.А. Сборник примеров для расчета по отоплению и вентиляции. Часть II. Вентиляция - М.: Госстройиздат, 1962. - 199 с.
12. Мажара В. А. Контрольно-вимірювальні пристрої. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 48 с.

13. Мажара В. А. Технологічна оснастка. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2009. – 44 с.

14. Мельников Г. Н., Вороненко В. П. Проектирование механосборочных цехов; Ученик для студентов машиностроит. специальностей вузов / Под ред.. А. М. Дальского – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с., ил.

15. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту по кафедрі «Технологія машинобудування» для студентів спеціальності 8.090202 /Уклад. І.І. Павленко та ін. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – 40с.

16. Методичні вказівки до практичних робіт по курсу «Проектування механоскладальних цехів та дільниць» для студентів спеціальностей 8.090202 та 8.090203. / Укл. І. І. Павленко, А. І. Валявський, В. П. Короп. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – 36 с.

17. Монолитные твердосплавные концевые фрезы. Taegu solid mill.

18. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. Нормативы времени. - М.: Экономика, 1990.

19. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. - М.: Экономика, 1990. - 465 с.

20. Організаційно-планові та економічні розрахунки при проектуванні дільниці (цеху) механічної обробки: Методичні вказівки до курсової роботи та дипломного проекту для студентів спеціальності 8.090202 / Укл. Л. В. Лебедева, І. В. Склярєнко - Кіровоград: КДТУ, 2000. - 38 с.

21. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНиП 2.04.05-85. - М.: Стройиздат, 1986.

22. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие / П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; Под общ. ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с., ил.
23. Расчёты экономической эффективности новой техники. Справочник. Под общей редакцией К. М. Великанова, 2-ое изд., перераб. и доп. - Ленингр.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1989. - 436 с.
24. Режимы резания для фрез с механическим креплением. Taegu mill.
25. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1. под редакцией А. Г. Косиловой, В. К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1982.
26. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. под редакцией А. Г. Косиловой, В. К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1982.
27. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592 с.
28. Фрезерный инструмент. Taegu mill.
29. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512 с.: ил.