

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

машинобудування, мехатроніки і

робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

_____ червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Розробка технології виготовлення деталі кришка»

Виконав здобувач вищої освіти

3мб курсу групи ПМ-23мб-3

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Іван ГАЖУР

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент:

Кропивницький 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент

Андрій ГРЕЧКА

14 квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Гажуру Івану Віталійовичу

Тема роботи:

Розробка технології виготовлення деталі кришка.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Затверджено наказом ЦНТУ від 1 квітня 2026 року № 199-02.

Строк подання роботи до захисту:

___ червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: проектування та обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі кришка, який забезпечить задану точність і якість за рахунок впровадження верстатів з ЧПУ.

Завдання: провести оцінку точності та технологічності конструкції деталі, проаналізувати властивості матеріалу, обґрунтувати вибір методу отримання заготовки, сформулювати маршрути обробки окремих поверхонь та загальний маршрут виготовлення деталі із визначенням змісту технологічних операцій, виконати розрахунок припусків на механічну обробку, визначити режими різання та встановити технічно обґрунтовані норми часу на операції механічної обробки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Виконання загальної частини	28.04.2026 р.	
2	Виконання технологічної частини	22.05.2026 р.	
3	Розробка креслеників	29.05.2026 р.	
4	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	01.06.2026 р.	
5	Перевірка роботи на академічний плагіат	05.06.2026 р.	
6	Рецензування роботи	12.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____

Іван ГАЖУР

Керівник роботи _____

Олександр СКІБІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Гажур, І.В. Розробка технології виготовлення деталі кришка : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. І. Скібінський ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 50 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі кришка.

Актуальність роботи полягає в проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі кришка, який забезпечить задану точність і якість за рахунок впровадження верстатів з ЧПУ.

У роботі проведено комплекс технологічних досліджень, що включає оцінку точності та технологічності конструкції деталі, вибір матеріалу та раціонального методу отримання заготовки. Розроблено маршрути обробки окремих поверхонь і загальний маршрут виготовлення деталі із визначенням змісту кожної операції механічної обробки. Виконано аналітичний розрахунок припусків на обробку, розраховано режими різання та встановлено технічно обґрунтовані норми часу на всі операції технологічного процесу.

кришка, ЧПУ, токарна обробка, контршпіндель, припуски, режими різання

ANNOTATION

Hazhur, I.V. Development of technology for manufacturing the cover part: Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor O. I. Skibinskyi; Central Ukrainian National Technical University – Kropyvnytskyi, 2026. 50 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process for machining a cover part.

The relevance of the work is to design a technological process for machining a cover part, which will ensure the specified accuracy and quality through the introduction of CNC machines.

The work includes a set of technological studies, including an assessment of the accuracy and manufacturability of the part design, the choice of material and a rational method for obtaining the workpiece. The processing routes for individual surfaces and the general route for manufacturing the part have been developed, with the definition of the content of each machining operation. An analytical calculation of machining allowances has been performed, cutting modes have been calculated, and technically justified time standards for all operations of the technological process have been established.

cover, CNC, turning, counter spindle, allowances, cutting modes

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Розробка технології виготовлення деталі кришка»

КРБ.ПМ.26.23.71.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
3мб курсу групи ПМ-23мб-3
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Іван ГАЖУР

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Службове призначення деталі	8
1.2 Аналіз технологічності деталі та технічних вимог на її виготовлення	9
1.3 Аналіз матеріалу деталі	11
1.4 Визначення типу виробництва	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Аналіз точності деталі	14
2.2 Розробка технологічного процесу обробки деталі	16
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	17
2.4 Вибір методів обробки поверхонь деталі	18
2.5 Вибір технологічних баз	22
2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій	24
2.7 Вибір верстатів, ріжучих та вимірювальних інструментів	31
2.8 Розрахунок припусків та операційних розмірів	36
2.9 Розрахунок режимів різання	43
2.10 Технічне нормування операцій	46
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості ефективність машинобудівного комплексу визначається здатністю підприємств швидко адаптуватися до змін ринкового попиту та забезпечувати високу якість продукції. Основою такого виробництва є технологічні процеси виготовлення деталей, які інтегрують у собі передові методи обробки, сучасні системи контролю та стратегії підготовки виробництва. Забезпечення відповідності виробів технічним вимогам у поєднанні з мінімізацією собівартості є ключовим завданням інженерно-технологічного проектування.

Одним із основних методів формоутворення деталей у машинобудуванні залишається обробка металів різанням. Традиційні методи обробки на універсальних токарних, фрезерних та свердлильних верстатах поступово поступаються місцем більш технологічним рішенням, що зумовлено необхідністю підвищення точності та продуктивності праці.

У контексті глобальної конкуренції впровадження прогресивних технологій та інноваційного обладнання стає важливим фактором успіху. Особливе місце в цьому процесі посідає застосування верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Перехід до автоматизованого виробництва дозволяє не лише досягти високої гнучкості виробничих ліній, а й суттєво знизити вплив людського фактору на фінальну якість продукції.

Технології ЧПУ змінили галузь металообробки, дозволивши виготовляти деталі складної геометричної форми з мікронною точністю, яка була недоступною для ручного керування. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для створення управляючих програм забезпечує стабільну повторюваність параметрів виробів, скорочує цикл підготовки виробництва та оптимізує режими різання.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення деталі

Кришка є деталлю трубопровідної арматури, що входить до складу пристрою транспортування рідких і газоподібних речовин, зокрема нафти, газу та нафтопродуктів. Основне службове призначення деталі полягає у забезпеченні з'єднання транспортувального каналу з відповідним вузлом складальної одиниці та передачі робочого середовища між елементами трубопровідної системи.

За своєю конструкцією кришка належить до класу деталей типу тіл обертання ступінчастого профілю. Центральний наскрізний отвір є основним функціональним елементом деталі, оскільки саме через нього проходить транспортований потік робочого середовища. Позиціонування та кріплення кришки у складальній одиниці здійснюється за допомогою наскрізних отворів, рівномірно розташованих на фланцевій частині деталі, що забезпечує надійну фіксацію та рівномірний розподіл навантажень у з'єднанні.

На одному з торців деталі виконано конічний різьбовий отвір, призначений для приєднання транспортувального каналу. Конічна різьба у таких з'єднаннях широко застосовується в нафтогазовому обладнанні, оскільки забезпечує самоущільнення при затягуванні без застосування додаткових ущільнювальних елементів, що підвищує надійність і герметичність з'єднання в умовах підвищеного тиску робочого середовища.

На зовнішній поверхні циліндричної частини кришки виконано кільцеві проточки, призначені для розміщення прокладок і кілець-ущільнювачів. Ці елементи забезпечують герметичність рухомого або нерухомого спряження кришки з суміжними деталями складальної одиниці, запобігаючи витoku робочого середовища у місцях контакту поверхонь.

Умови експлуатації деталі визначаються специфікою нафтогазової галузі: кришка працює під дією внутрішнього тиску агресивного вуглеводневого середовища, піддається вібраційним навантаженням і температурним перепадам.

Це висуває підвищені вимоги до матеріалу деталі, точності виготовлення її поверхонь та якості обробки, зокрема різьбових і посадкових поверхонь, від яких безпосередньо залежить надійність і довговічність усього вузла в цілому.

1.2 Аналіз технологічності деталі та технічних вимог на її виготовлення

Аналіз технологічності конструкції є базовим етапом проектування, який дозволяє оптимізувати процес виготовлення, зменшити собівартість та забезпечити високі експлуатаційні якості виробу. Цей підхід включає комплексне оцінювання, що поєднує як якісні, так і кількісні показники для досягнення оптимального балансу між функціональністю деталі та її виготовленням.

Деталь кришка належить до класу деталей типу тіл обертання (з фланцевою частиною). За геометричними параметрами конструкція є типовою для деталей, що виготовляються методами механічної обробки на верстатах з ЧПУ. Форма деталі дозволяє досягти високого коефіцієнта використання матеріалу, якщо заготовку максимально наблизити до контурів готової деталі. Призначення припусків на обробку має бути мінімально необхідним для виконання цих вимог, що сприяє економічності виробництва.

Всі робочі поверхні, що підлягають механічній обробці (циліндричні, торцеві, різьбові отвори), є легкодоступними для різального інструменту.

Конструкція кришки дозволяє використовувати сучасні високопродуктивні режими різання. Обробка центральних отворів та зовнішніх поверхонь може виконуватися стандартними методами, що підвищує загальну технологічність виробу.

Згідно з кресленням, до деяких поверхонь деталі висуваються суворі вимоги щодо точності та якості поверхонь, що безпосередньо впливає на вибір технологічного процесу та вимагає виконання чистових операцій обробки, таких як тонке точіння або шліфування, для забезпечення заданих розмірів.

Проведений аналіз демонструє, що конструкція деталі кришка є технологічною. Вона добре адаптована до сучасних умов виробництва.

Для виконання аналізу поверхонь деталі, виконуємо її ескіз (рисунок 1.1) на якому позначаємо всі поверхні, що підлягають механічній обробці та нумеруємо їх.

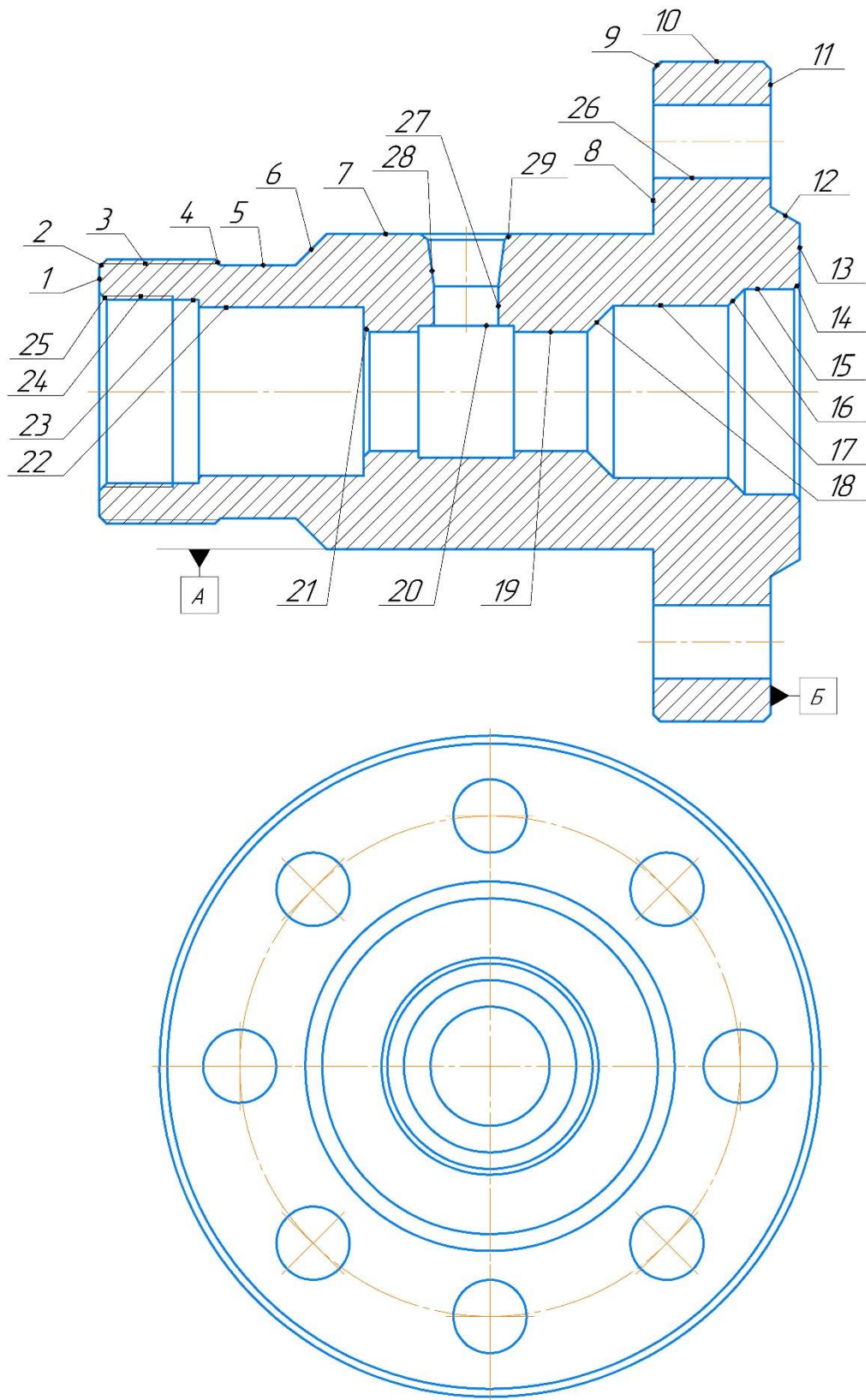


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі кришка

1.3 Аналіз матеріалу деталі

Деталь кришка виготовлена зі сталі 38ХА. Сталь 38ХА – це високоякісна легована конструкційна сталь, яка широко використовується в машинобудуванні для виготовлення відповідальних деталей, що працюють під значними навантаженнями. Маркування цієї сталі містить важливу інформацію про її хімічний склад: цифра 38 вказує на середній вміст вуглецю близько 0,38%, літера Х свідчить про наявність хрому, який суттєво підвищує твердість і міцність, а літера А вказує на її належність до категорії високоякісних сталей із обмеженим вмістом шкідливих домішок, таких як сірка та фосфор.

Цей матеріал призначений переважно для виготовлення так званих «покращуваних» деталей. Це вироби, які проходять термічну обробку, зокрема загартування з наступним високим відпуском, для досягнення оптимального поєднання міцності, ударної в'язкості та зносостійкості. Сталь 38ХА застосовується для створення деталей трансмісії, таких як зубчасті колеса та черв'ячні пари, а також елементів обертання, включаючи вали та осі. Крім того, її використовують для виготовлення відповідальних кріплень, навантажених болтів, а також деталей турбін, що працюють під високим тиском.

Серед характеристик сталі 38ХА варто виділити її високу витривалість при динамічних і знакозмінних навантаженнях, що робить її надійним вибором для вузлів машин. Проте важливо враховувати, що вона належить до категорії важкозварюваних матеріалів, тому для отримання якісного зварного з'єднання потрібен попередній підігрів до 200-300 градусів Цельсія та обов'язкова подальша термічна обробка. Що стосується механічної обробки, у стані після відпалу сталь добре піддається точінню та фрезеруванню, що дозволяє отримувати деталі складних форм.

Склад та властивості сталі 38ХА наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу деталі кришка

Марка матеріалу	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
Сталь 38ХА	0.35-0.42%	0,17-0,37%	0,5-0,8%	до 0,3%	до 0,025%	до 0,025%	0,8-1,1%	до 0,3%

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу деталі кришка

Марка матеріалу	σ_B (МПа)	δ_5 , %	Твердість по Брінелю НВ
Сталь 38ХА	590	12	187

1.4 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначає характер технологічного процесу виготовлення деталі, вибір обладнання, інструменту та оснащення. Маса деталі кришка становить приблизно 3,5 кг, що відповідає діапазону 2,5–5 кг. За прийнятої річної програми випуску $N = 5\,000$ штук на рік виробництво даної деталі відноситься до середньосерійного типу.

Серійне виробництво характеризується випуском виробів періодично повторюваними партіями протягом року. Розмір партії та частота її запуску у виробництво визначаються конструктивними й технологічними особливостями деталі, а також виробничими умовами підприємства. Середньосерійне виробництво займає проміжне положення між дрібносерійним і великосерійним та поєднує в собі риси обох суміжних типів.

Для середньосерійного виробництва характерне застосування як універсального, так і спеціалізованого металорізального обладнання. Верстати розташовуються переважно за технологічним принципом – групами однотипних машин, хоча на окремих ділянках може застосовуватись і предметний принцип організації. Широко використовуються універсальні та спеціалізовані пристрої, нормалізований різальний і вимірювальний інструмент, а для відповідальних поверхонь – спеціальний контрольний інструмент і калібри.

Технологічний процес при середньосерійному виробництві розробляється у вигляді операційних карт із зазначенням режимів різання, норм часу та послідовності переходів. Ступінь деталізації технологічної документації є значно вищим порівняно з одиничним і дрібносерійним виробництвом. Заготовки для деталей середньосерійного виробництва виготовляються методами, що забезпечують достатню точність і мінімальні припуски на обробку, зокрема штампуванням, точним литтям або прокатом, залежно від конфігурації та матеріалу деталі.

Кваліфікація робітників при середньосерійному виробництві є середньою: поряд з висококваліфікованими верстатниками, зайнятими на налагодженні обладнання та виготовленні складних поверхонь, широко використовуються оператори середньої кваліфікації, які обслуговують налагоджені верстати. Собівартість виготовлення деталей при даному типі виробництва є нижчою, ніж при одиничному та дрібносерійному, проте вищою порівняно з великосерійним і масовим виробництвом.

Таким чином, середньосерійний тип виробництва для деталі кришка при програмі випуску 5000 штук на рік обумовлює необхідність розроблення детального операційного технологічного процесу з обґрунтованим вибором заготовки, обладнання, різального інструменту та технологічного оснащення, що забезпечує економічно доцільне виготовлення деталі із заданими параметрами точності та якості поверхонь.

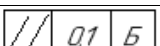
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності деталі

Аналіз точності деталі – це комплексний інженерний процес, мета якого полягає у визначенні здатності обраного технологічного методу виробництва забезпечити дотримання всіх розмірних та геометричних параметрів, вказаних на кресленні.

Аналіз точності деталі кришка заснований на аналізі креслення деталі. З креслення аналізується розмір, точність, шорсткість та вимоги до розташування кожної поверхні. Результати аналізу зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз параметрів точності поверхонь деталі кришка

Номер поверхні на деталі	Найменування поверхні	Розміри	Квалітет точності	Точність відносного розміщення	Точність форми	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7
1, 11	Торцева	183 _{-0,115}	h9		-	Ra3,2
2	Фаска	2x45 ⁰ Ø72	-	-	-	Ra3,2
3	Зовнішня різьбова	M72x2	6g	-	-	-
4	Фаска	1,5x45 ⁰ Ø72	-	-	-	Ra3,2
5	Зовнішня циліндрична	Ø69 _{-0,3}	h12	-	-	Ra6,3
6	Зовнішня конічна	45 ⁰ Ø69 _{-0,3} Ø86 _{-0,35} 8,5	-	-	-	Ra6,3
7	Зовнішня циліндрична	Ø86 _{-0,22}	h11	-	-	Ra6,3
8	Торцева	32±0,08	h11		-	Ra3,2
9	Фаска	2x45 ⁰ Ø180 _{-0,25}	-	-	-	Ra3,2
10	Зовнішня циліндрична	Ø180 _{-0,95}	h14	-	-	Ra3,2
12	Зовнішня конічна	30 ⁰ Ø91,54 _{-0,054} 8	h8	-	-	Ra3,2
13	Торцева	8 _{-0,15}	h12	-	-	Ra3,2

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
14	Фаска	$1,5 \times 45^0$ $\varnothing 56^{+0,3}$	-	-	-	Ra3,2
15	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 56^{+0,3}$	H12	-	-	Ra3,2
16	Внутрішня конічна	45^0 $\varnothing 56^{+0,3}$ 4,5	-	-	-	Ra3,2
17	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 47^{+0,25}$	H12	-	-	Ra3,2
18	Внутрішня конічна	45^0 $\varnothing 47^{+0,25}$ 7,25	-	-	-	Ra3,2
19	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 32,5^{+0,1}$	H10		-	Ra3,2
20	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 36^{+0,25}$	H12	-	-	Ra3,2
21	Фаска	$1,6 \times 45^0$ $\varnothing 36^{+0,25}$	-	-	-	Ra3,2
22	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 46^{+0,025}$	H7		-	Ra0,8
23	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 50^{+0,039}$	H8	-	-	Ra1,6
24	Внутрішня різьбова	M52x2	6H		-	-
25	Фаска	$2,5 \times 45^0$ $\varnothing 50^{+0,039}$	-	-	-	Ra3,2
26	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 20^{+0,21}$	H12		-	Ra6,3
27	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 17,5^{+0,18}$	H12	-	-	Ra3,2
28	Внутрішня різьбова	K1/2"	-	-	-	-
29	Фаска	$1,6 \times 45^0$	-	-	-	Ra3,2

Найбільші вимоги по точності висуваються до внутрішніх циліндричних поверхонь 22 та 23: $\varnothing 46^{+0,025}$ шорсткість якої Ra0,8 та $\varnothing 50^{+0,039}$ шорсткість якої Ra1,6. Також, до торцевої площини внутрішньої циліндричної поверхні 22 висувається вимога щодо перпендикулярності відносно зовнішньої циліндричної поверхні 7. До торцевих площин 1 та 8 висувається вимога паралельності відносно торцевої площини 11.

2.2 Розробка технологічного процесу обробки деталі

На основі проведеного аналізу точності встановлено, що механічній обробці підлягають як зовнішні, так і внутрішні поверхні деталі. За конструктивними ознаками кришка належить до класу деталей типу тіл обертання. Для виготовлення деталі пропонується наступна послідовність технологічних операцій.

На операції 005 використовується токарний обробний центр з ЧПУ та контршпінделем. У першому установі заготовка закріплюється в трикулачковому патроні шпінделя верстата по зовнішньому діаметру поверхні 10 з упором у торець 11. У цьому установі виконується обробка торців 1 та 8, зовнішніх циліндричних поверхонь 3 і 7, а також отворів 19, 22 та 23. Після автоматичної передачі деталі до патрона контршпінделя та її закріплення по зовнішній циліндричній поверхні 7 з упором у торець 1 виконується обробка торців 11 та 13, зовнішньої циліндричної поверхні 10, конічної поверхні 12, отворів 15 та 17, а також конічних отворів 16 та 18.

На операції 010 виконується термічна обробка – загартування з наступним високим відпуском. Загартування здійснюється шляхом нагрівання деталі до температури 850–880 °С, охолодження виконується в маслі, що забезпечує отримання мартенситної структури та одночасно знижує ймовірність виникнення тріщин і деформацій порівняно з охолодженням у воді. Проте загартований стан супроводжується підвищеною крихкістю та значними внутрішніми напруженнями, тому деталь обов'язково піддається наступному відпуску. Високий відпуск виконується шляхом нагрівання деталі до температури 550–650 °С з подальшим охолодженням на повітрі або у воді. В результаті відпуску мартенсит перетворюється на сорбіт відпуску, що забезпечує раціональне поєднання показників міцності та ударної в'язкості, а внутрішні напруження після загартування суттєво зменшуються, що виключає ризик жолоблення та тріщиноутворення при подальшій чистовій обробці та в умовах експлуатації деталі.

На операції 015 знову застосовується токарний обробний центр з ЧПУ та контршпінделем. На першому установі деталь закріплюється в трикулачковому патроні шпінделя верстата і виконується її чистова обробка: точіння торців 1 та 8, точіння зовнішніх циліндричних поверхонь 3, 5 та 7, обробка отворів 19, 20, 22 та 23, свердління отвору 27, нарізання різьб 24 та 28. Після автоматичної передачі деталі до патрона контршпінделя та закріплення по зовнішній циліндричній поверхні 7 з упором у торець 1 виконується обробка торців 11 та 13, конічної поверхні 12, отворів 15 та 17, конічних отворів 16 та 18, а також свердління 8 отворів 26.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Вибір раціонального способу виготовлення заготовки є важливим етапом розробки технологічного процесу, оскільки безпосередньо впливає на витрати матеріалу, трудомісткість механічної обробки та собівартість готової деталі. При виборі способу отримання заготовки враховуються матеріал деталі, її конструктивна форма, маса, задана точність, річна програма випуску та тип виробництва.

Деталь кришка виготовляється зі сталі 38ХА, яка є конструкційною легованою сталлю з добрими показниками міцності, в'язкості та оброблюваності тиском. Ця сталь добре деформується в гарячому стані, що робить її придатною для отримання заготовок методом обробки тиском. Форма деталі є тілом обертання ступінчастого профілю з фланцем, що також сприяє застосуванню штампування як основного способу виготовлення заготовки. З урахуванням середньосерійного типу виробництва з річною програмою випуску 5000 штук на рік, застосування індивідуальних методів отримання заготовок, зокрема вільного кування, є економічно недоцільним, оскільки не забезпечує необхідної стабільності форми та розмірів і потребує значних припусків на подальшу механічну обробку.

З огляду на викладене, як заготовку для деталі кришка прийнято штамповку, отриману методом гарячого об'ємного штампування на кривошипному гарячостампувальному пресі (КГШП).

Гаряче об'ємне штампування є одним із найпоширеніших методів отримання заготовок для деталей типу тіл обертання в умовах серійного виробництва. Суть методу полягає у пластичному деформуванні попередньо нагрітої заготовки-вихідника (прутка або мірної заготовки) у закритому або відкритому штампі, порожнина якого відповідає формі майбутньої поковки. Під дією значних зусиль пресу метал заповнює порожнину штампі і набуває заданої форми.

Застосування штампування як методу отримання заготовки для деталі кришка обґрунтовується рядом переваг. Штампування забезпечує отримання заготовки, форма якої максимально наближена до форми готової деталі, що дозволяє суттєво скоротити припуски на механічну обробку порівняно з литтям або вільним куванням і зменшити витрати матеріалу. В процесі гарячого штампування метал отримує дрібнозернисту структуру з направленим розташуванням волокон, що відповідає контуру деталі, це підвищує механічні властивості заготовки, зокрема її міцність і ударну в'язкість, порівняно з литою або кованою заготовкою. Штампування забезпечує високу повторюваність форми і розмірів заготовок у межах однієї партії, що спрощує подальше налагодження верстатів і стабілізує умови механічної обробки. Продуктивність штампування на КГШП є значно вищою порівняно з вільним куванням, що відповідає вимогам середньосерійного виробництва.

2.4 Вибір методів обробки поверхонь деталі

Вибір методів обробки поверхонь деталі визначається вимогами до точності розмірів, форми та шорсткості поверхонь, що задані кресленням, а також матеріалом деталі, типом виробництва та економічною доцільністю застосування того чи іншого методу.

Зовнішні циліндричні поверхні деталі обробляються токарним методом. Залежно від вимог до точності та шорсткості поверхні маршрут обробки включає чорнове та чистове точіння. Для поверхонь із шорсткістю Ra 3,2 мкм достатньо чорнового та чистового точіння. Для поверхонь із підвищеними вимогами до шорсткості Ra 0,8 мкм маршрут обробки доповнюється тонким точінням або шліфуванням.

Різьбові поверхні деталі, зокрема зовнішня метрична різьба та конічна різьба, обробляються після попередньої обробки відповідних циліндричних поверхонь. Нарізання різьби виконується на токарному верстаті різьбовим різцем або мітчиком залежно від типу різьби та її розташування. Конічна різьба К 1/2" нарізається конічним мітчиком після свердління та зенкування відповідного отвору.

Торцеві поверхні деталі обробляються підрізанням торця на токарному верстаті в процесі тих самих установів, що й зовнішні циліндричні поверхні, що забезпечує необхідну перпендикулярність торців до осі деталі.

Отвори на фланцевій частині деталі обробляються свердлінням. Позиційний допуск їх розташування відносно осі деталі забезпечується завдяки обробці на верстаті з числовим програмним управлінням, що виключає похибку розмітки та забезпечує задану точність координат отворів.

Центральний наскрізний отвір деталі підлягає багаторазовій механічній обробці, оскільки є основною функціональною поверхнею, через яку проходить робоче середовище, і до неї висуваються відповідні вимоги щодо точності діаметра, циліндричності та шорсткості поверхні. Маршрут обробки центрального наскрізного отвору включає такі переходи: чорнове розточування, чистове розточування та тонке розточування або розвертання. Чорнове розточування виконується з метою видалення основного припуску та усунення похибок форми заготовки. Чистове розточування забезпечує підвищення точності розміру та форми отвору до рівня, необхідного для виконання фінішного переходу. Тонке розточування або розвертання є фінішною

операцією, що забезпечує досягнення заданих точності розміру отвору та шорсткості поверхні відповідно до вимог креслення.

Вибраний маршрут обробки кожної поверхні деталі забезпечує послідовне та економічно обґрунтоване досягнення заданих параметрів якості при раціональному використанні обладнання та інструменту в умовах середньосерійного виробництва.

В деталі кришка, внутрішня циліндрична поверхня 22 підлягає неодноразовій механічній обробці. Для цієї поверхні виконуємо розрахунки.

Розраховуємо загальне уточнення за формулою:

$$\varepsilon_3 = \frac{\delta_3}{\delta_d} \quad (2.1)$$

де δ_3 - допуск на розмір поверхні заготовки,;

δ_d - допуск на розмір тієї ж поверхні, після її обробки.

Допуск на розмір поверхні 22 на деталь становить $\delta_d = 0,025$ мм, а допуск на заготовку $\delta_3 = 0,62$ мм.

Вибираємо два маршрути обробки поверхні.

Перший маршрут складається з:

- розточування чорнового $\delta_1 = 0,250$ мм
- розточування чистового попереднього $\delta_2 = 0,100$ мм
- розточування чистового кінцевого $\delta_3 = 0,039$ мм
- розточування тонкого $\delta_4 = 0,025$ мм

Другий маршрут складається з:

- розточування чорнового попереднього $\delta_1 = 0,390$ мм
- розточування чорнового кінцевого $\delta_2 = 0,160$ мм
- розточування чистового $\delta_3 = 0,062$ мм
- шліфування $\delta_4 = 0,025$ мм

Загальне уточнення $\varepsilon_3 = 24,8$.

Розраховуємо частинні коефіцієнти уточнення за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_i}{\delta_{i+1}} \quad (2.2)$$

Для першого маршруту частинні коефіцієнти уточнення:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,62}{0,25} = 2,48$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,25}{0,1} = 2,5$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1}{0,039} = 2,5642$$

$$\varepsilon_4 = \frac{0,039}{0,025} = 1,56$$

$$П_{\varepsilon} = 2,48 \cdot 2,5 \cdot 2,5642 \cdot 1,56 = 24,8$$

Для другого маршруту частинні коефіцієнти уточнення:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,62}{0,39} = 1,5897$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,39}{0,16} = 2,4375$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,16}{0,062} = 2,5806$$

$$\varepsilon_4 = \frac{0,062}{0,025} = 2,48$$

$$P_{\varepsilon} = 1,5897 \cdot 2,4375 \cdot 2,5806 \cdot 2,48 = 24,798$$

Таблиця 2.2 – Таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі кришка

Позначення поверхні	Допуск на поверхню по кресленню, δ_d мм	Шорсткість поверхні, R_a мкм	Допуск на заготовку по поверхні, δ_3 мм	Загальне уточнення ε_3	Можливі технологічні маршрути обробки поверхні		Економічні допуски на проміжні методи обробки,	Частинні коефіцієнти уточнення	$P_{\varepsilon_i} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i$
					№	Зміст маршруту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	0,025	0,8	0,62	24,8	1	Розточування чорнове	0,25	2,48	24,8
						Розточування чистове попер.	0,1	2,5	
						Розточування чистове кінц.	0,039	2,5642	
						Розточування тонке	0,025	1,56	
					2	Розточування чорнове попер.	0,39	1,5897	24,798
						Розточування чорнове кінц.	0,16	2,4375	
						Розточування чистове	0,062	2,5806	
						Шліфування	0,025	2,48	

Оптимальним, для поверхні 22, є маршрут №1, при якому $\varepsilon_{\text{заг}} = P_{\varepsilon_i}$.

2.5 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є одним із найважливіших завдань при розробленні технологічного процесу механічної обробки, оскільки від правильності базування деталі безпосередньо залежить точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь, можливість суміщення технологічних і вимірювальних баз, а також зручність закріплення заготовки на верстаті. При виборі технологічних баз керуються основними принципами теорії базування – принципом суміщення баз та принципом постійності баз.

Деталь кришка є тілом обертання ступінчастого профілю, тому природною конструкторською базою є вісь деталі та торцева поверхня фланця. Саме ці

поверхні визначають положення деталі у складальній одиниці і є орієнтиром при призначенні технологічних баз.

Технологічний процес механічної обробки деталі кришка реалізується на токарному верстаті з ЧПУ, оснащеному контршпінделем. Застосування верстата з контршпінделем є характерним рішенням для середньосерійного виробництва деталей типу тіл обертання, оскільки дозволяє виконати повну обробку деталі з двох сторін за один установ або за два послідовні установи без знімання деталі з верстата та без її переустановлення вручну. Це суттєво підвищує точність взаємного розташування поверхонь, оброблених з різних торців, усуває похибки переустановлення та скорочує загальний час обробки.

При обробці деталі на токарному верстаті з контршпінделем технологічний процес поділяється на два послідовні етапи, що відповідають двом позиціям шпінделів.

На установі А операції механічної обробки заготовка затискається в патроні основного шпінделя за зовнішню циліндричну поверхню 10 з упором у торець 11. Базування здійснюється за схемою подвійної напрямної бази – зовнішня циліндрична поверхня позбавляє заготовку чотирьох ступенів вільності, а торцева поверхня як опорна база позбавляє ще одного ступеня вільності. Обертання навколо власної осі обмежується силами затиску в кулачках патрона.

На установі Б операції механічної обробки оброблена частина деталі автоматично передається у патрон контршпінделя, який затискає деталь за вже оброблену циліндричну поверхню 7. Це важливо з точки зору точності базування: використання чистової обробленої поверхні як технологічної бази при подальшій обробці забезпечує мінімальну похибку базування та дозволяє витримати задані вимоги до взаємного розташування поверхонь, зокрема паралельність осі деталі відносно бази Б у межах 0,06 мм та перпендикулярність торців до осі у межах 0,1 мм.

Таким чином, при базуванні деталі кришка реалізується принцип постійності баз, оскільки на обох етапах обробки базовою поверхнею слугує одна

й та сама зовнішня циліндрична поверхня деталі. Принцип суміщення баз також дотримується для більшості оброблюваних поверхонь, оскільки вісь зовнішньої циліндричної поверхні збігається з конструкторською базою деталі – її геометричною віссю. Дотримання обох принципів базування в сукупності з використанням верстата з контршпінделем забезпечує необхідну точність виготовлення деталі та відповідність усіх геометричних параметрів вимогам креслення.

2.6 Розробка структури та змісту технологічних операцій

На основі встановленого маршруту виготовлення деталі кришка, визначених схем базування на кожній операції, маршрутів обробки поверхонь, обраного методу отримання заготовки та типу виробництва розробляємо структуру технологічного процесу. Зміст та структура технологічних операцій наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Зміст та структура технологічних операцій обробки деталі кришка

№ та назва операції	Модель верстату, назва	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПУ	Mazak QUICK TURN 250MSY Токарний обробний центр з ЧПУ	Установ А * Розміри для довідок	Установ А 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Підрізати торець та точити контур начорно, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6. 3. Точити поверхні по контуру напівчисто, витримуючи розміри 1, 5, 7, 8, 9, 10. 4. Розточити начорно отвори, витримуючи розміри 11, 12, 13, 14. 5. Розточити начорно отвір, витримуючи розміри 15, 16. 6. Автоматичний перезатиск деталі в контршпинделі.

1	2	3	4
		Установ Б	Установ Б 7. Точити поверхні по контуру начорно, витримуючи розміри 17, 18, 19, 20, 21. 8. Розточити начорно послідовно циліндричний та конічний отвори, витримуючи розміри 22, 23, 24, 25. 9. Розточити начорно послідовно циліндричний та конічний отвори, витримуючи розміри 25, 26, 27, 28. 10. Відкріпити та зняти деталь.

Продвження таблиці 2.3

015	Токарна з ЧПУ	Mazak QUICK TURN 250MSY Токарний обробний центр з ЧПУ	
		Technical drawing of a mechanical part, likely a flange or bracket, showing dimensions and surface finish requirements. The drawing includes a cross-section view and a top view. Key dimensions include: overall width 183.8 ± 0.145, overall height 134 ± 0.125, and various diameters such as φ180_{+0.95}, φ132.5_{+0.1}, φ146_{+0.025}, φ69_{+0.3}, φ44_{+0.1}, φ45.4_{+0.039}, φ48.6_{+0.1}, φ50_{+0.039}, φ73_{+0.12}, φ72_{+0.074}, and φ86_{+0.22}. Surface finish requirements are indicated by symbols like Ra 3.2, Ra 6.3, and Ra 0.05. Geometric tolerances are also specified, such as 0.1 A, 0.1 B, and 0.05 B. The drawing is labeled 'Установ А' (Setup A) and 'Установ Б' (Setup B).	Установ А 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Підрізати торець та точити контур начисто, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, допуски 8, 9. 3. Точити зовнішні циліндричні та конічні поверхні по контуру начисто, точити фаски, витримуючи розміри 10, 11, 12, 13, 14, 15. 4. Розточити начисто попередньо циліндричні поверхні по контуру, витримуючи розміри 16, 17, 18, 19, 20, 21, допуск 22. 5. Розточити начисто кінцево по контуру, витримуючи розміри 19, 23, 24, 25, 26. 6. Розточити тонко отвір, точити фаску, витримуючи розміри 27, 28, 29, допуск 30

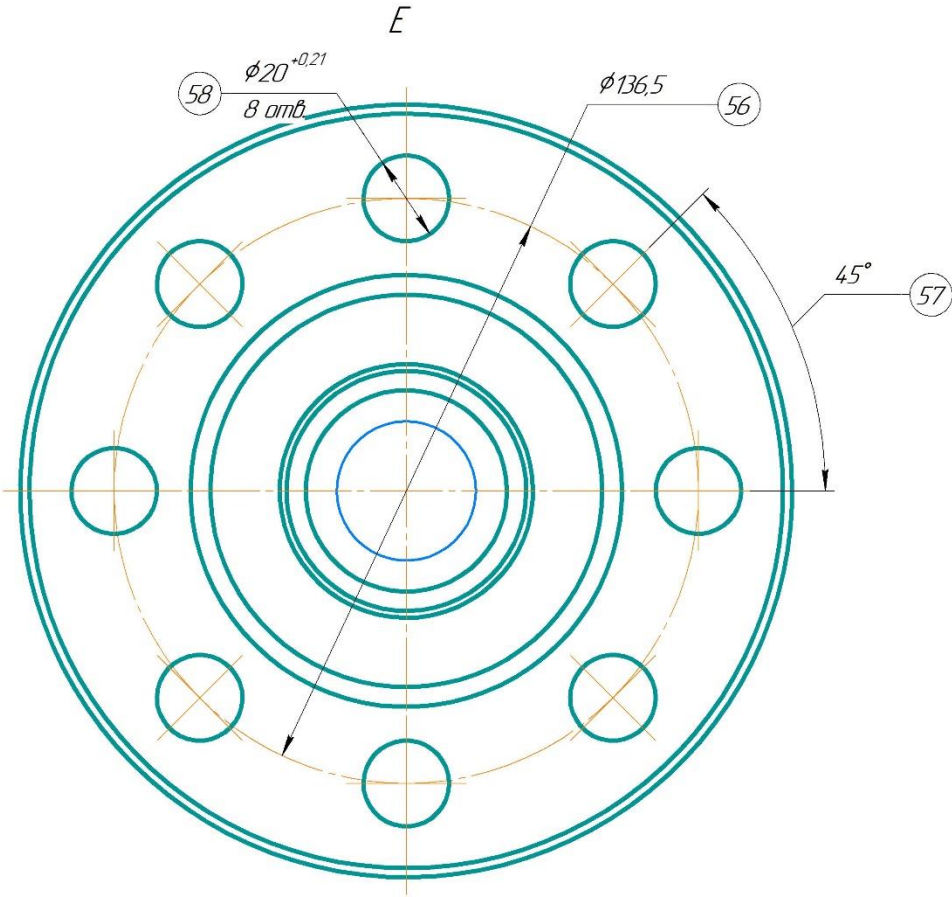
Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
			7. Розточити отвір, витримуючи розміри 31, 32, 33. 8. Нарізати різьбу, витримуючи розміри 13, 34. 9. Нарізати різьбу, витримуючи розміри 35, 36, допуск 35. 10. Зенкувати фаску, витримуючи розміри 37, 38, 39. 11. Свердлити отвір, витримуючи розміри 39, 40. 12. Нарізати конічну різьбу, витримуючи розміри 39, 41, 42. 13. Автоматичний перезатиск деталі в контршпинделі.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
		Установ Б	Установ Б 14.Підрізати торець та точити контур, витримуючи розміри 43, 44, 45, 46, 47, 48. 15.Розточити напівчисто послідовно циліндричний та конічний отвори, витримуючи розміри 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55. 16.Свердлити 8 отворів послідовно, витримуючи розміри 47, 56, 57, 58, допуск 59. 17.Відкріпити та зняти деталь.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
		 Technical drawing of a circular part, likely a cross-section of a mechanical component. The drawing shows several concentric circles and eight small circles arranged in a ring. Key features and dimensions are labeled: 58: Dimension line pointing to a small circle, labeled $\phi 20^{+0,21}$ and 8 шт. (8 pieces). 56: Dimension line pointing to a larger circle, labeled $\phi 136,5$. 57: Dimension line pointing to a curved arrow indicating a 45° angle. E: A label at the top center, possibly indicating a specific feature or material.	

2.7 Вибір верстатів, різучих та вимірювальних інструментів

В сучасному машинобудівному виробництві, зокрема середньосерійне, широко застосовується металорізальне обладнання з числовим програмним управлінням. Верстати з ЧПУ забезпечують автоматичне виконання заданої послідовності технологічних переходів відповідно до управляючої програми, що виключає вплив суб'єктивного фактору на точність обробки та суттєво підвищує продуктивність порівняно з універсальним обладнанням. ЧПУ дозволяє точно витримувати задані координати переміщень різального інструменту, автоматично змінювати режими різання на різних переходах, здійснювати автоматичну зміну інструменту та контролювати процес обробки в реальному часі. Завдяки цьому верстати з ЧПУ забезпечують стабільно високу точність виготовлення деталей у межах усієї партії без необхідності постійного контролю розмірів робітником після кожного переходу.

Для деталей типу тіл обертання, до яких належить деталь кришка, основним видом обладнання є токарні верстати з ЧПУ. Такі верстати, на відміну від універсальних токарних, оснащені серводвигунами по осях X та Z з високою роздільною здатністю позиціонування, револьверною головкою з автоматичною зміною інструменту, замкненою системою охолодження та, як правило, системою автоматичного завантаження заготовок. Це дозволяє реалізовувати схему побудови технологічного процесу, при якій більшість поверхонь деталі обробляється за мінімальну кількість установів, що підвищує точність взаємного розташування поверхонь і скорочує час на переустановлення.

Особливе місце серед токарних верстатів з ЧПУ займають багатофункціональні токарні центри, оснащені контршпінделем. Контршпіндель це другий робочий шпіндель, розташований співвісно з основним і здатний автоматично захоплювати деталь після завершення обробки з першого боку, переміщувати її у свою робочу зону та продовжувати обробку з протилежного торця без участі оператора. Така конструкція верстата реалізує концепцію повної обробки деталі за одне завантаження – деталь надходить на верстат у вигляді

заготовки і залишає його у вигляді готової обробленої деталі, не торкаючись рук оператора між позиціями.

Застосування верстата з контршпінделем для обробки деталі кришка є технічно обґрунтованим рішенням з таких причин: автоматична передача деталі між шпінделями виключає похибку переустановки, яка неминуче виникає при ручному перезакріпленні деталі на універсальному верстаті, що забезпечує значно вищу точність взаємного розташування поверхонь, оброблених з різних боків; скорочується допоміжний час на переустановлення та вивірення деталі, що підвищує продуктивність обробки; зменшується кількість необхідних установів.

Для виготовлення деталі кришка на 005 та 015 операціях механічної обробки обрано токарний багатofункціональний центр з ЧПУ Mazak QUICK TURN 250MSY (рисунок 2.1) виробництва японської компанії Yamazaki Mazak Corporation – одного зі світових лідерів у галузі виробництва металорізального обладнання.



Рисунок 2.1 – Токарний центр з ЧПУ Mazak QUICK TURN 250MSY

Верстат QUICK TURN 250MSY є токарним центром з багатозадачними можливостями, що поєднує передові технології, продуктивність і функціональність для виготовлення деталей різної складності. Верстат належить до серії QUICK TURN і в конфігурації MSY є найбільш універсальною машиною

цієї серії, оскільки поєднує токарну обробку, фрезерування, вісь Y та другий шпіндель в одному верстаті.

Верстат оснащений верхньою револьверною головкою (рисунок 2.2) на 12 інструментальних позицій з приводними інструментами, максимальна частота обертання приводного інструменту 6000 об/хв.

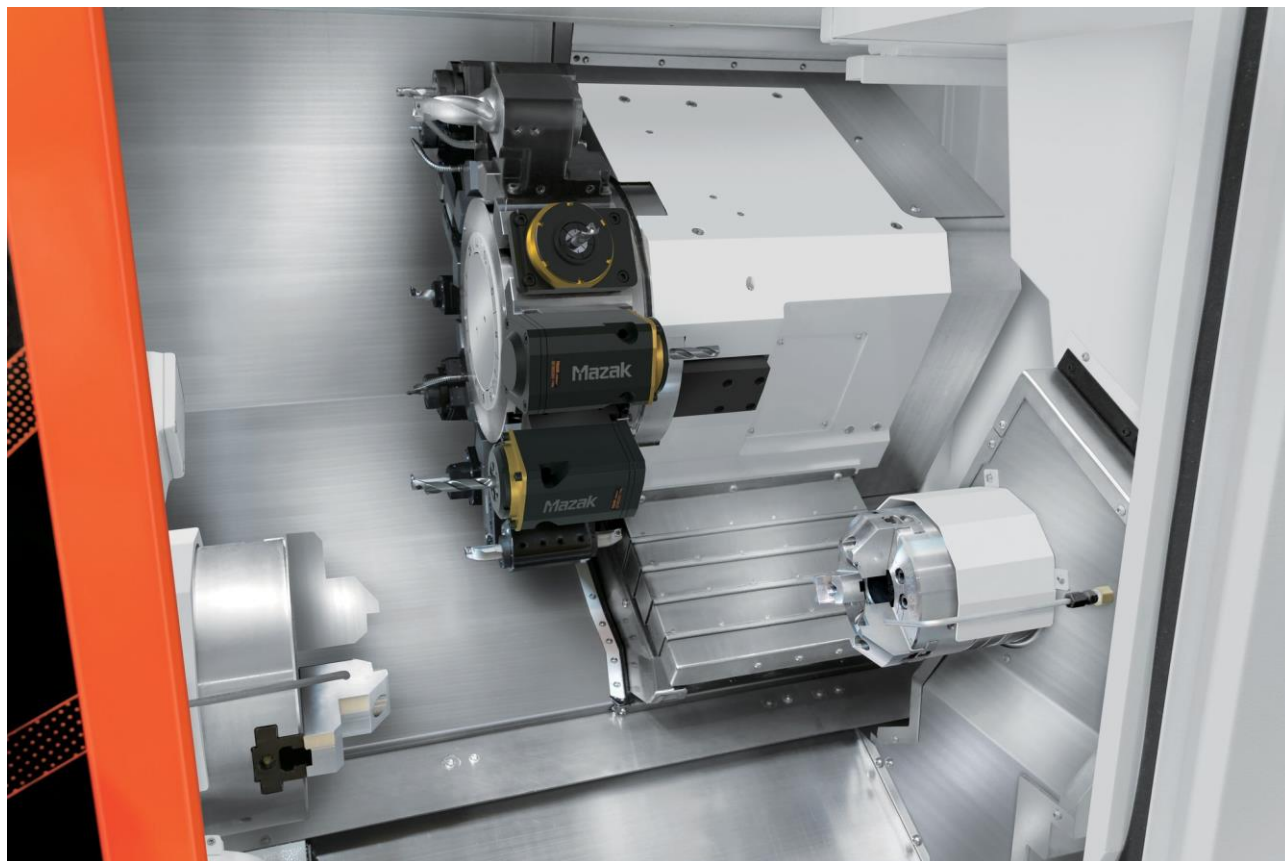


Рисунок 2.2 – Токарний центр з ЧПУ Mazak QUICK TURN 250MSY

Для повністю автоматизованого виробництва верстат може комплектуватися подавачем прутка або портальним роботом-завантажувачем. Наявність осі Y та приводних інструментів дозволяє виконувати на верстаті не лише токарну обробку, а й свердління позацентрих отворів та нарізання різьби у будь-якій точці деталі, що особливо важливо для обробки кріпильних отворів 26 на фланці та конічного різьбового отвору K 1/2" 28 деталі кришка без її переустановлення на інший верстат.

Таким чином, застосування верстата Mazak QUICK TURN 250MSY здатне забезпечити повну обробку деталі кришка за одне завантаження, що відповідає

вимогам середньосерійного виробництва щодо продуктивності, точності та економічної ефективності технологічного процесу. Через необхідність термічної обробки деталі, обробка виконується на двох операціях механічної обробки. Для реалізації обох операцій механічної обробки як 005, так і 015 прийнято застосувати обраний токарний центр з ЧПУ з контршпінделем.

Технічна характеристика металорізального верстату наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика верстату

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Макс. діаметр обробки (мм)	Ряд частот обертання (хв ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
005, 015	Токарний центр з ЧПУ Mazak QUICK TURN 250MSY	380	до 4000	0,05-3	26	3560 × 2160 × 1880

Для механічної обробки деталі кришка використовується різальний інструмент, що наведено в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Різальні інструменти для обробки деталі кришка

Номер		Найменування інструменту, стандарт на конструкцію інструменту (код)	Стандарт на конструкцію різальної пластини (код)
Опер.	Перех.		
1	2	3	4
005	2, 3	Різець прохідний PCLNR 2525M 12	CNMG 12 GC4325
	4	Різець розточний SL-PCLNR-40-12HP	CNMG 12 04 12-MR GC4325
	5	Різець розточний SL-PCLNR-32-12HP	CNMG 12 04 12-MR GC4325
	7	Різець прохідний PCLNR 2525M 12	CNMG 12 GC4325
	8, 9	Різець розточний SL-PCLNR-32-12HP	CNMG 12 04 12-MR GC4325

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
015	2	Різець прохідний PCLNR 2525M 12	CNMG 12 GC4325
	3	Різець контурний MVJNR 25M 16	VNMG 16 04 08-MF GC4315
	4	Різець розточний A32T-SCLCR 09	CCMT 09 T3 08-MF GC4315
	5, 7	Різець розточний A40T-SCLCR 12	CCMT 06 02 08-MF GC4315
	6	Різець розточний A25T-SCLCR 09	CCMT 06 02 04-UF GC1105
	8, 9	Різець різьбонарізний 266RFG-2525-16	266RG-16MM200-01 GC1020
	10	Зенківка 2353-0130	P6M5
	11	Свердло 460.1-1850-083A1-XM	GC34
	12	Мітчик T300-XM141AA-R1/2	HSS-PM TiAlN
	14	Різець прохідний PDJNR 2525M 15	DNMG 15 06 08-MF GC4315
	15	Різець розточний SL-PCLNR-40-12HP	CNMG 12 04 08-MF GC4315
	16	Свердло 460.1-1220-037A1-XM	GC34

Вимірювальні інструменти для контролю розмірів деталі наведено в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для деталі кришка

Номер		Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
Опер.	Перех.		
1	2	3	4
005	2-5	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05	ДСТУ 166:2009
	7-9	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 Штангенглибиномір ШГ-250-0,05	ДСТУ 166:2009 ДСТУ 162:2009
015	2	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 Мікрометр МК 75-100, 0,01 мм	ДСТУ 166:2009 ДСТУ 6507:2009
	3	Мікрометр МК 75-100, 0,01 мм Кутомір з ноніусом УН-127	ДСТУ 6507:2009 ДСТУ 5378:2009

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
015	4	Нутромір індикаторний НІ 50-100, 0,01 мм	ДСТУ 868:2009
	5	Нутромір індикаторний НІ 50-100, 0,01 мм Штангенглибиномір ШГ-250-0,05	ДСТУ 868:2009 ДСТУ 162:2009
	6	Нутромір мікрометричний НМ 50-75, 0,005 мм Індикатор годинникового типу ІЧ-10, 0,01 мм	ДСТУ 10:2009 ДСТУ 577:2009
	7	Нутромір індикаторний НІ 18-50, 0,01 мм	ДСТУ 868:2009
	8	Калібр-пробка різьбовий ПР-НЕ М72×2-6Н	ДСТУ 24997:2009
	9	Калібр-пробка різьбовий ПР-НЕ М52×2-6Н	ДСТУ 24997:2009
	10	Кутомір з ноніусом УН-127	ДСТУ 5378:2009
	11	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1	ДСТУ 166:2009
	12	Калібр-пробка різьбовий конічний ПР-НЕ К 1/2"	ДСТУ 6211:2009
	14	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 Мікрометр МК 75-100, 0,01 мм	ДСТУ 166:2009 ДСТУ 6507:2009
	15	Нутромір індикаторний НІ 50-100, 0,01 мм	ДСТУ 868:2009
	16	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05	ДСТУ 166:2009 ДСТУ 166:2009

2.8 Розрахунок припусків та операційних розмірів

Для внутрішньої циліндричної поверхні 22 Ø46^{+0,025} Ra0,8 виконуємо розрахунок припусків по переходам. Дана поверхня обробляється за таким маршрутом: розточування чорнове, розточування чистове попереднє, розточування чистове кінцеве, розточування тонке.

Просторові відхилення для деталі кришка, що закріплена в трикулачковому патроні, визначаємо за формулою:

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \quad (2.3)$$

$$\rho_d = \sqrt{500^2 + 63^2} = 504 \text{ мкм}$$

Залишкові відхилення після переходів механічної обробки визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \cdot \rho_d \quad (2.4)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми

Просторові відхилення:

$$\rho_{\text{чорн}} = 0,05 \cdot 504 = 25 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{чист.п.}} = 0,04 \cdot 504 = 20 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{чист.к.}} = 0,02 \cdot 504 = 10 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{тонк}} = 0,01 \cdot 504 = 5 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахунковий припуск для кожного технологічного переходу за формулою:

$$2z_{i \text{ min}} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.5)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні на попередньому переході;

T_{i-1} – значення дефектного шару поверхні на попередньому переході;

ρ_{i-1} – просторові відхилення поверхні на попередньому переході;

ε_i - похибка базування.

Розрахунковий припуск:

- розточування тонке:

$$2z_{1 \text{ min}} = 2 \cdot (16 + 20 + \sqrt{10^2 + 0^2}) = 92 \text{ мкм}$$

- розточування чистове кінцеве:

$$2z_{2 \min} = 2 \cdot (32 + 30 + \sqrt{20^2 + 80^2}) = 289 \text{ мкм}$$

- розточування чистове попереднє:

$$2z_{3 \min} = 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{25^2 + 100^2}) = 452 \text{ мкм}$$

- розточування чорнове:

$$2z_{4 \min} = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{504^2 + 150^2}) = 2050 \text{ мкм}$$

Розрахункові розміри:

$$d_{p \ i-1} = d_{p \ i} - 2z_{i \min} \quad (2.6)$$

Найменший граничний розмір:

$$d_{\min \ i} = d_{\max \ i} - \delta_i \quad (2.7)$$

$$d_{\min \ 4} = 46,025 - 0,025 = 46,0 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ 3} = 45,439 - 0,039 = 45,4 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ 2} = 44,1 - 0,1 = 44,1 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ 1} = 42,25 - 0,25 = 42,0 \text{ мм}$$

$$d_{\min \ \text{заг}} = 38,62 - 0,62 = 38,0 \text{ мм}$$

Найменше граничне відхилення:

$$2z_{\min \ i}^{\text{rp}} = d_{\max \ i} - d_{\max \ i-1} \quad (2.8)$$

Найбільше граничне відхилення:

$$2z_{\max \ i}^{\text{rp}} = d_{\min \ i} - d_{\min \ i-1} \quad (2.9)$$

В таблицю 2.7 для внутрішньої циліндричної поверхні 22 зведено розраховані значення припусків та допусків.

Таблиця 2.7 – Розрахунок припусків на обробку внутрішньої циліндричної поверхні деталі кришка

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Граничний розмір, мм		Граничні відхилення припусків, мм	
	R _z	T	ρ	2z _{min}	d _p	δ	d _{min}	d _{max}	2z _{min} ^{гр}	2z _{max} ^{гр}
Заготовка	200	300	504	-	38	0,62	38,0	38,62	-	-
Розточування чорнове	63	60	25	2,051	42	0,25	42,0	42,25	3,38	4,25
Розточування чистове попер.	32	30	20	0,452	44	0,1	44,0	44,1	1,75	2,1
Розточування чистове кінц.	16	20	10	0,289	45,4	0,039	45,4	45,439	1,3	1,439
Розточування тонке	4	10	5	0,0922	46	0,025	46,0	46,025	0,561	0,625
Всього:									6,991	8,414

Виконуємо перевірку:

$$2z_{\max}^{\text{гр}} - 2z_{\min}^{\text{гр}} = \delta_{\text{попер}} + \delta_{\text{поточ}} \quad (2.10)$$

Чорнове розточування:

$$4,25 - 3,38 = 0,87 = 0,62 + 0,25$$

Чистове попереднє розточування:

$$2,1 - 1,75 = 0,35 = 0,25 + 0,1$$

Чистове кінцеве розточування:

$$1,439 - 1,3 = 0,139 = 0,1 + 0,039$$

Тонке розточування:

$$0,625 - 0,561 = 0,064 = 0,039 + 0,025$$

Графічну схему розташування припусків і допусків для внутрішньої циліндричної поверхні 22 наведено на рисунку 2.3. Припуски на обробку решти поверхонь деталі кришка визначено за довідниковими таблицями, а їх значення зведено у таблицю 2.8.

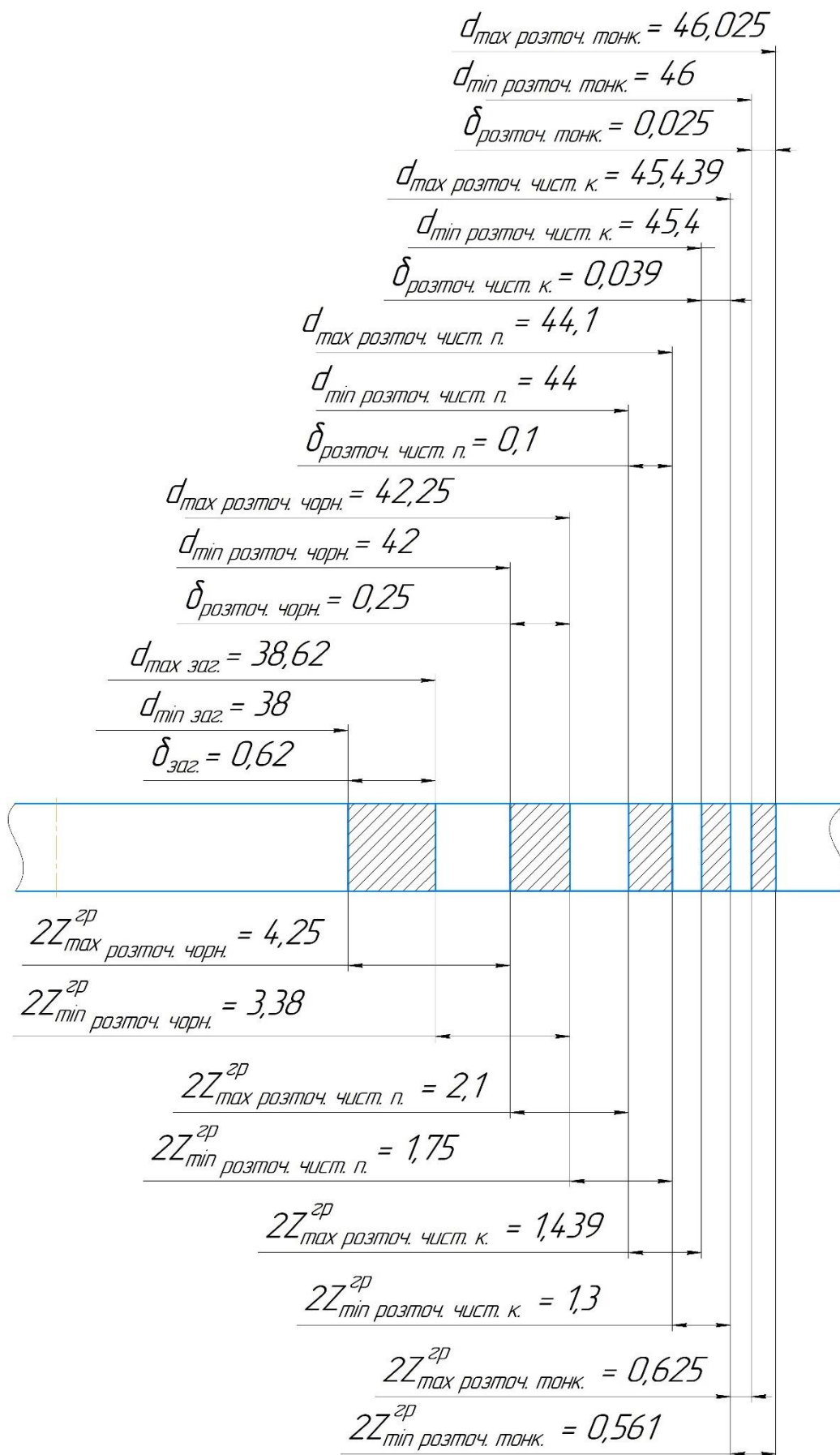


Рисунок 2.3 – Схема графічного розташування припусків і допусків для внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 46^{+0,025}$

Таблиця 2.8 – Припуски на поверхні на обробку деталі кришка

№ пов-ні	Найменування поверхні	Припуск $Z_{\min}$, мм	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4
1, 11	Торцева	3	0,115
3	Зовнішня різбова	1	0,036
5	Зовнішня циліндрична	1,5	0,3
6	Зовнішня конічна	3	0,22
7	Зовнішня циліндрична	4	0,22
8	Торцева	4	0,16
10	Зовнішня циліндрична	3	0,95
12	Зовнішня конічна	3	0,054
13	Торцева	3	0,15
15	Внутрішня циліндрична	4,5	0,3
16	Внутрішня конічна	4,5	0,3
17	Внутрішня циліндрична	3	0,25
18	Внутрішня конічна	3	0,25
19	Внутрішня циліндрична	2,5	0,1
20	Внутрішня циліндрична	1,75	0,25
22	Внутрішня циліндрична	4	0,025
23	Внутрішня циліндрична	2	0,039
24	Внутрішня різбова	1	0,039
26	Внутрішня циліндрична	10	0,21
27	Внутрішня циліндрична	8,75	0,084
28	Внутрішня різбова	1	0,013

2.9 Розрахунок режимів різання

Режими різання це параметри технологічного процесу, що визначають продуктивність обробки, якість отриманої поверхні, стійкість різального інструменту та навантаження на технологічну систему. До основних параметрів режиму різання належать глибина різання, подача та швидкість різання. Для одного з переходів виконуємо розрахунок режимів різання за аналітичними формулами теорії різання, для решти переходів режими призначаємо за нормативними таблицями з урахуванням матеріалу деталі, типу обробки та вимог до якості поверхні.

Розрахунок режимів різання для операції 005, перехід 2. На даному переході виконується підрізання торців та точіння зовнішньої циліндричної поверхні. Інструмент: різець токарний зовнішній PCLNR 2525M 12, пластина CNMG 120412-MR, твердий сплав GC4325. Діаметр заготовки: $D_{\text{заг}} = 94$ мм; діаметр після обробки: $D_{\text{дет}} = 90$ мм; довжина обробки: $L = 151$ мм.

Глибина різання при чорновому точінні визначається як половина різниці діаметрів заготовки та деталі:

$$t = 94 - 90 = 2 \text{ мм}$$

Подача призначається за нормативними таблицями для чорнового зовнішнього точіння сталі різцем із твердосплавною пластиною при глибині різання $t = 2$ мм і діаметрі обробки до 100 мм:

$$S = 0,45 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (2.12)$$

де $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$ — показники степенів;

$T = 60$ хв — прийнята стійкість змінної пластини.

Поправочний коефіцієнт K_v :

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Iv} \quad (2.13)$$

де K_{Mv} — коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{Пv}$ — коефіцієнт стану поверхні (штамповка з окалиною);

K_{Iv} — коефіцієнт матеріалу інструменту (твердий сплав).

$$K_v = 0,765 \cdot 0,80 \cdot 1,00 = 0,612$$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,45^{0,45}} \cdot 0,612 = 114,6 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 114,6}{3,14 \cdot 94} = 385 \text{ об/хв}$$

Головна складова сили різання P_z визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.15)$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 114,6^{-0,15} \cdot 1,222 = 2488$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1000} \quad (2.16)$$

$$N_e = \frac{2488 \cdot 114,6}{60 \cdot 1000} 4,56 \text{ кВт}$$

Потужність головного приводу верстата Mazak QUICK TURN 250MSY становить 26 кВт, тому умова $N_e < N_{\text{верст}}$ виконується: 4,56 кВт < 26 кВт.

Призначені режими різання на 005 та 015 операції механічної обробки деталі кришка наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Режими різання при обробці деталі кришка

Номер		t, мм	S _{мм/об} S _{мм/хв}	V м/хв	n, хв. ⁻¹	t _о , хв
опе- рації	пере- ходу					
1	2	3	4	5	6	7
005	2	2	0,45	114	385	2,9
	3	1,2	0,25	140	470	
	4	2	0,4	100	690	
	5	1,8	0,35	100	800	
	7	2	0,45	110	370	
	8	2	0,4	100	640	
	9	4,5	0,35	95	690	
015	2	1,2	0,2	160	540	6,4
	3	0,8	0,15	180	880	
	4	1	0,2	140	970	
	5	0,7	0,15	160	100	
	6	0,3	0,1	200	1330	
	7	1,75	0,15	150	1190	
	8	1	2	30	130	
	9	1	2	30	150	
	10	10	0,15	120	1910	
	11	8,75	0,15	80	1410	
	12	1	2,31	10	150	
	14	0,8	0,2	160	540	
	15	1	0,2	140	890	
	16	10	0,15	80	1960	

2.10 Технічне нормування операцій

Технічне нормування є складовою розроблення технологічного процесу і полягає у встановленні технічно обґрунтованих норм часу на виконання кожної операції. Норма часу визначає необхідні витрати часу на виготовлення одиниці продукції в умовах конкретного виробництва і є основою для розрахунку завантаження обладнання, чисельності робітників та собівартості виготовлення деталі.

Штучний час на виконання операції визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{доп}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{відп}} \quad (2.17)$$

де t_o – основний (технологічний) час, хв;

$t_{\text{доп}}$ – допоміжний час, хв;

$t_{\text{ТО}}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{\text{відп}}$ – час на відпочинок та особисті потреби, хв.

Допоміжний час включає час на установлення та знімання деталі, підведення та відведення інструменту, вимірювання розмірів у процесі обробки та керування верстатом. Для токарних верстатів з ЧПУ допоміжний час визначається як:

$$T_{\text{Д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{вим}} \quad (2.18)$$

де $T_{\text{уст}}$ – час на установлення та знімання деталі;

$T_{\text{пер}}$ – час на керування верстатом (увімкнення, переключення, підведення інструменту);

$T_{\text{вим}}$ – час на контрольні вимірювання.

На верстатах з ЧПУ більшість допоміжних рухів виконується автоматично за управляючою програмою, тому допоміжний час суттєво скорочується

порівняно з універсальними верстатами. Для верстата Mazak QUICK TURN 250MSY з контршпінделем час передачі деталі між шпінделями також входить до автоматичного циклу і не збільшує допоміжний час вручну.

Оперативний час визначається як сума основного та допоміжного. Час обслуговування робочого місця та час на відпочинок і особисті потреби встановлюються у відсотках від оперативного часу (для верстатів з ЧПУ – 3,5%).

Таблиця 2.10 – Норми часу на обробку деталі корпус

Параметр	Операція 005	Операція 015
Основний час T_o , хв	2,90	6,40
Допоміжний час T_d , хв	0,49	0,60
Оперативний час $T_{оп}$, хв	3,39	7,00
Час обслуговування та відпочинку, хв	0,25	0,53
Штучний час $T_{шт}$, хв	3,64	7,53
Підготовчо-завершальний час $T_{пз}$, хв	25	29
Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв	3,70	7,60

Загальний штучно-калькуляційний час на виготовлення деталі кришка по двох основних операціях механічної обробки становить 11,3 хв.

Отримані норми часу відповідають умовам середньосерійного виробництва та забезпечують раціональне завантаження верстата Mazak QUICK TURN 250MSY при річній програмі випуску 5000 штук на рік.

ВИСНОВКИ

Результатом виконаної роботи є розроблений технологічний процес механічної обробки деталі кришка. В рамках роботи здійснено оцінку точності та технологічності конструкції деталі, досліджено матеріал деталі та його хімічний склад, обґрунтовано вибір методу отримання заготовки. Сформовано маршрути обробки окремих поверхонь із виконанням аналітичного розрахунку припусків, а також розроблено загальний маршрут виготовлення деталі та визначено зміст кожної технологічної операції.

Технологічний маршрут механічної обробки деталі кришка складається з двох операцій, що виконуються на верстатах з числовим програмним управлінням. На 005 токарній з ЧПУ операції, що виконується на токарному обробному центрі з ЧПУ з онтршпінделем Mazak QUICK TURN 250MSY деталь кришка обробляється за два установи. На першому установі заготовка закріплюється в трикулачковому патроні шпінделя верстата по зовнішній циліндричній поверхні з упором у торець та виконується чорнова обробка торців, зовнішніх циліндричних поверхонь, а також отворів. Після автоматичної передачі деталі до патрона контршпінделя та її закріплення по зовнішній циліндричній поверхні з упором у торець виконується чорнова обробка протилежної частини деталі кришка: торців, зовнішньої циліндричної поверхні, конічної поверхні, та циліндричних та конічних отворів. На операції 010 виконується термічна обробка – загартування з наступним високим відпуском.

На операції 015 знову застосовується токарний обробний центр з ЧПУ з контршпінделем та виконується чистова обробка деталі кришка. На першому установі деталь закріплюється в трикулачковому патроні шпінделя верстата і виконується токарна обробка торців, зовнішніх циліндричних поверхонь та обробка отворів, свердління отвору, нарізання різьб. Після автоматичної передачі деталі до патрона контршпінделя виконується обробка торців, конічної поверхні, отворів та свердління 8 отворів.

Розраховано режими різання та норми часу по операціях механічної обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О. Проектування технологічних процесів. Частина1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» /; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 232 с.
2. Бурек Я., Гурей І. В., Стоцько З. А. Верстатне обладнання: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 168 с.
3. Буц Б.Д. Розрахунок режимів різання / Б. Д. Буц, В. Є. Приходько, Ю. В. Ткачов // Навчальний посібник. Д.: РВВ ДНУ, 2005. 76 с.
4. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : метод. вказ. до викон. лаб. робіт / А. М. Артюхов, А. Р. Апаракін // М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 52 с.
5. Григурко І. О. Технологія машинобудування. Львів: Новий світ – 2000, 2025. 301 с.
6. Горбатюк С. О., Мазур М. П., Zenкін А. С., Каразей В. Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник. Львів : «Новий світ – 2000», 2009. 358 с.
7. Дідик Р. П., Зіль В. В., Пацера С. Т. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посібн. Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 196 с.
8. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка / В. А. Мажара, А. І. Гречка, В. В. Свяцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 40 с.

9. Корольов В. М. Технологія та програмування обробки на верстатах з ЧПУ. – К.: Арістей, 2008.

10. Мазур М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для виш. навч. закладів] / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, А. І. Грабченко, В. Л. Доброскок, В. О. Залога, Ю. К. Новосьолов, Ф. Я. Якубов ; під заг. ред. М. П. Мазура. - 3-є вид. перероб. і доп. - Львів : Новий Світ-2000, 2018.- 471 с.

11. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи з початкової дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» для здобувачів вищої освіти галузі знань 13 «Механічна інженерія» [уклад. : А. М. Артюхов, В. А. Мажара, В. М. Селєхова] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки, – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 114 с.

12. Сілкін В.П. Різальний інструмент. Курсове проектування:навчальний посібник / В.П. Сілкін, В.Ю. Солод // - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2021. – 329 с.

13. Струтинський В. Б. «Математичне моделювання процесів та систем механіки». Житомир: ЖІТІ, 2001. – 612 с.

14. Технологія машинобудування: методичні рекомендації до вивчення дисципліни для студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Уклад. С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв, В.К. Фролов. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 92 с.

15. Технологія обробки типових деталей та складання машин : метод. рекомендації до виконання лаб. роб. : для студ. спец. 131 - Прикладна механіка, 133 - Галузеве машинобудування / [уклад. : О. І. Скібінський, Я. О. Скібінський, В. М. Селєхова] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. - Кропивницький : ЦНТУ, 2025. - 124 с.