

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Чухрай Владислава Миколайовича

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методами моделювання у САМ системі
технологічного процесу механічної обробки деталі «Циліндр»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від
30.04.2024 за № 382-с.

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

машинобудування та матеріалознавства

В.А. Дербаб

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«__» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Чухрай Владиславу Миколайовичу

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методами моделювання у САМ системі технологічного процесу механічної обробки деталі «Циліндр»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.04.2024 за № 382-с.

Розділ	Зміст	Термін
А	Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.	
Т		
С		
Н Д		

РЕФЕРАТ

Об'єкт розроблення - технологічні процеси виготовлення циліндра.

Мета розробки - комплексне проектування технологічних процесів виготовлення циліндра, що включають усі стадії підготовки виробництва від заготовки до готового виробу.

Проведено аналізи конструкції та технологічності циліндра. Розроблено раціональний метод отримання заготовки - поковка для циліндра.

Розроблено технологічні процеси виготовлення циліндра. Прийнято високопродуктивне обладнання, швидкодіюче технологічне оснащення, прогресивний різальний інструмент, нове пристосування. Проведено розмірний аналіз технологічного процесу. Розраховано режими обробки, проноормовано всі технологічні операції.

Прийнято для обробки циліндра високопродуктивне обладнання з ЧПУ.

ЦИЛІНДР, ЗАГОТІВЛЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОБЛАДНАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ НАЛАГОДЖЕННЯ.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «Союз-Спецтехніка».

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	13
1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту	13
1.2 Аналіз технологічності деталі	14
1.2.1 Аналіз технологічності циліндра.....	14
1.3 Визначення виробничої програми цеху.....	14
1.4 Визначення типу виробництва	18
1.5 Аналіз технологічних процесів базового заводу	20
1.5.1 Маршрутний техпроцес базового заводу з обробки циліндра	20
1.5.2 Пропозиції щодо вдосконалення заводських техпроцесів	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	23
2.1 Проектування технологічних процесів.....	23
2.1.1 Вибір методу отримання заготовок.....	23
2.2 Визначення послідовності виконання технологічних операцій і вибір обладнання	26
2.2.1 Визначення послідовності виконання технологічних операцій.....	26
2.2.2 Обґрунтування прийнятого обладнання.....	27
2.3 Вибір і обґрунтування технологічних і вимірювальних баз.....	31
2.4 Проектування операційного технологічного процесу	31
2.5 Вибір пристосувань, ріжучих інструментів і засобів технічного контролю	32
2.5.1 Вибір пристосувань і допоміжних інструментів	32
2.5.2 Вибір ріжучих інструментів за ISO.....	33
2.5.3 Вибір засобів технічного контролю	34
2.6 Вибір і розрахунок режимів обробки.....	34
3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Вибір технологічного оснащення.....	37
3.1.1 Аналіз вихідних даних.....	37
3.1.2 Силовий розрахунок пристосування.....	39
3.1.3 Оцінка точності пристосування.....	45
3.2 Ріжучий інструмент стандарту ISO.....	46
3.3 Верстатне оснащення і затискні пристрої	48
3.4 Вимірювальний інструмент	50
4 НАУКОВИЙ РОЗДІЛ	53
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПРОЕКТУ	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56

ДОДАТОК А Технологічний процес виготовлення деталі "Циліндр".

ДОДАТОК Б Специфікація складального креслення "Пристосування для закріплення циліндра".

ВСТУП

Технологічний прогрес - це безперервний процес відкриття нових можливостей і застосування їх у машинобудівному виробництві, що дає змогу по-новому з'єднувати та комбінувати наявні ресурси в інтересах збільшення випуску високоякісних кінцевих продуктів за найменших витрат. У широкому сенсі на будь-якому рівні - від виробничої дільниці до підприємства загалом - під технологічним процесом мається на увазі створення і впровадження нової техніки, технології, матеріалів, використання нових видів енергії, а також поява раніше невідомих методів організації та управління виробництвом.

Впровадження нової технології - це дуже складний і суперечливий процес. Прийнято вважати, що вдосконалення технічних засобів знижує трудовитрати, частку праці у вартості одиниці продукції. Однак нині технічний прогрес "дорожчає", оскільки вимагає створення і застосування дедалі дорожчих верстатів, ліній, роботів, засобів комп'ютерного управління; підвищених витрат на екологічний захист. Усе це відбивається на збільшенні частки витрат на амортизацію та обслуговування застосовуваних основних фондів у собівартості продукції. Однак конкурентоспроможність підприємства, їхня здатність утриматися на ринку товарів і послуг залежить насамперед від сприйнятливості виробників товарів до новинок техніки і технології, що дають змогу забезпечити випуск і реалізацію високоякісних товарів за найефективнішого використання матеріальних ресурсів.

Тому під час вибору варіантів техніки і технології ми маємо чітко розуміти, для вирішення яких завдань стратегічних чи тактичних призначається техніка.

Правильно спроектовані технологічні процеси виготовлення виробів, контроль якісних і кількісних показників продукції, що виробляється, перевірка працездатності, своєчасне проведення відповідних робіт з усунення дефектів, які виникають, і створення нормальних умов експлуатації - все це

заходи, що дають змогу підвищити довговічність виробів і безвідмовність їхньої роботи.

Основні напрямки під час проектування технологічних процесів це:

- поліпшення якісних характеристик матеріалів, стабілізація та зменшення обсягів їхнього споживання за рахунок використання прогресивних методів отримання заготовок;

- максимально можливе забезпечення безперервності, безпеки, гнучкості та продуктивності протікання технологічного процесу, які можуть бути забезпечені в результаті вдосконалення рівня механізації та автоматизації;

- підвищення рівня комплектності механізації процесів завдяки застосуванню сучасного обладнання: верстатів із ЧПК, автоматів і напівавтоматів, застосуванню високопродуктивних видів технологічного оснащення, з метою зниження трудомісткості виготовлення деталей і виробу загалом.

- удосконалення контрольних-випробувальних робіт і раціональна організація виробництва.

Перераховані заходи дають змогу, за порівняно невеликих витрат, значно збільшити кількість і асортимент продукції, що випускається, поліпшити її якість.

Удосконалення технологічного процесу обробки виробів має спричинити збільшення якості виробу, зменшення собівартості продукції тощо.

Розвиток економіки в країні можливий тільки за умови реалізації високотехнологічного і ресурсозберігаючого виробництва, здатного в короткі строки забезпечити розробку і впровадження конкурентоспроможних виробів нового покоління, орієнтованих на задоволення запитів, внутрішнього і зовнішнього ринків.

У ринкових умовах виробництво повинне швидко реагувати на вимоги, що змінюються, а це вимагає застосування новітніх технологій, здатних

забезпечити скорочення часу розроблення, освоєння виробництва і виходу на ринок нового виробу. У рамках інтегрованих технологій ці завдання успішно вирішуються.

Метою цієї роботи є ефективна технологія автоматизованого

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ІЙ РОЗДІЛ

1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

Вихідними даними для розроблення технологічних процесів є креслення

П
1
М
Л
Л
Р
Е
П

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

і завдання всієї конструкції шасі) схоже з амортизаторами в автомобілях - пом'якшити перевантаження під час контакту з покриттям злітно-посадкової смуги під час посадки, щоб навантаження на вузли літака не перевищувало допустимого під час виконання штатної посадки, а також щоб можна було в екстрених випадках зробити безпечну для людей посадку в разі перевищення максимальної посадкової маси аж до максимальної злітної.

Тому до цього вузла висуваються жорсткі вимоги. Насамперед це жорсткість, висока міцність і поряд з цим легкість, тому що зайва вага згубно впливає на льотні характеристики літака. Це перевитрата палива, що дуже важливо, оскільки економічність є однією з основних умов, що висуваються до сучасних літальних апаратів.

1.2 Аналіз технологічності деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі зводиться до вивчення можливостей зменшення трудомісткості та матеріаломісткості, зниження

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Головні технологічні завдання під час виготовлення циліндра - це досягнення концентричності внутрішніх і зовнішніх поверхонь і перпендикулярності торців до осі. Ці завдання вирішуються обробкою спочатку отвору, а потім зовнішньої поверхні під час установлення деталі по отвору.

Конфігурація деталі забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструменту. Конфігурація має достатню жорсткість ($l/d < 12 = 530/146 < 12$).

Розміри на кресленні проставлені правильно, повно і зручно для контролю. Шорсткість поверхні відповідає точності обробки.

Загалом деталь технологічна.

1.3 Визначення виробничої програми цеху

Цей механічний цех дрібносерійного типу виробництва проектуватиметься за наведеною програмою. У цьому разі обирається деталь-

представник, а всі інші деталі, що входять до програми, умовно приводяться за трудомісткістю, складністю і масою до виробу-представника.

Наведена виробнича програма визначається таким чином. Усе розмаїття деталей приводимо до кількох характерних представників, оскільки частина деталей не забезпечена повністю кресленнями та іншими вихідними даними. У цьому випадку всю номенклатуру ділять на кілька груп, до кожної з яких входять однотипні за конструкцією і технологією виробу. У кожній групі виділяється виріб-представник, до якого приводять усі інші деталі цієї групи.

Розрахунок наведеної річної програми механічного цеху проводиться згідно з формулами [1].

Загальний коефіцієнт приведення:

$$K = K_m \cdot K_{сер} \cdot K_{сл} \quad (1.1)$$

де K_M - коефіцієнт приведення за масою;

$K_{сер}$ - коефіцієнт приведення за серійністю;

$K_{сл}$ - коефіцієнт приведення за складністю;

$$DO = 1.сл$$

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{m_x}{m}\right)^2} \quad (1.2)$$

де m_x ; m - маси виробу, що приводиться, і виробу - представника.

$$K_{сер} = \left(\frac{N}{N_x}\right)^{0.15 \div 0.2} \quad (1.3)$$

де N ; N_x - річні програми виробу-представника і виробу, що приводиться.

Нижче наведено подетальну річну виробничу програму механічного цеху.

Усі розрахункові та зібрані дані зводимо в таблицю 1.1.

Задана програма				Наведена програма					
Найменування виробу	Позначення виробу	Число виробів	Маса деталі	K_m	$K_{сер}$	$K_{сл}$	K	Представник	Наведене число виробів
Б.8.1.1	140.00.4211.104.000	120	2.145	1.97	0.67	1	1.25		150

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Б.8.1.1 140.00.4211.104.000 120 2.145 1.97 0.67 1 1.25 150

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

де $\sum N_x''$ - приведена програма випуску виробів на дільниці;

$T_{шт}^{пред.}$ - штучний час виробу представника.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

1.4 Визначення типу виробництва

Тип виробництва залежить від річної програми, характеристики виробів, трудомісткості виготовлення деталей. Річна програма випуску становить *90 шт.* Тип виробництва визначаємо на дільницю "Циліндрів".

За орієнтовними даними в нашому випадку дрібносерійне виробництво. Характеризується виготовленням обмеженої номенклатури виробів партіями (серіями), що повторюються через певні проміжки часу, і широкою спеціалізацією робочих місць.

Такт випуску визначається за формулою [1]:

(1.7)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

де $T_{шт.ср}$ - середній штучний час за основними операціями на дільниці, визначається за формулою [1]:

$$T_{шт.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.i}}{n} \quad (1.9)$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ТИП
ТИП
ТЬСЯ
КЦІЇ,
ТЬСЯ;

відсутністю закріплення операцій за певним верстатом. Для цього типу виробництва характерний не потоковий метод виробництва [2; 3], тобто обладнання розташовується за принципом однорідності обробки (токарна дільниця, фрезерна дільниця та ін.) або в послідовності технологічних операцій для однієї або декількох деталей. Обробка деталей проводиться партіями, час виконання операцій на одних верстатах не узгоджений з часом операції на інших, і деталі під час роботи зберігаються біля верстатів, а потім транспортуються цілою партією. Розташування обладнання приймається в розділі проектування цеху. Тому визначаємо розміри партії деталей, що запускаються у виробництво.

Розмір партії деталей визначається за формулою [1]:

$$n = \frac{N \cdot f}{\Phi} \quad (1.10)$$

де N - річна програма випуску виробів у штуках;

f - кількість днів, на які необхідно мати запас деталей на складі, $f = 24$

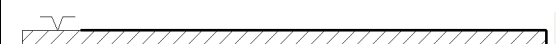
дні;

Т
В

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Маршрутний техпроцес виготовлення циліндра базового заводу наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Маршрутний техпроцес базового заводу з обробки циліндра

№ операції	Найменування операції	Схема встановлення заготовки на верстаті	Найменування та модель обладнання
			

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

№ операції	Найменування операції	Схема встановлення заготовки на верстаті	Найменування та модель обладнання

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ий
4

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ий
4

ш
й

1.5.2 Пропозиції щодо вдосконалення заводських техпроцесів

У базовий технологічний процес можна внести деякі зміни щодо заготовки. Для виготовлення циліндра раціонально застосувати заготовку штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), що значно збільшить коефіцієнт використання матеріалу, а також зменшить кількість операцій і знизить трудомісткість виготовлення деталей.

На прикладі циліндра відпадає необхідність свердління отвору, чим підвищується коефіцієнт використання матеріалу.

Також у базовий технологічний процес можна внести застосування спеціальних пристосувань, зменшуючи при цьому витрати на виготовлення оснащення.

Для зменшення виготовлення бракованих деталей необхідно ввести в технологічний процес своєчасний контроль заточування різального інструменту і посилити контроль якості заготовок, оскільки якість заготовки впливає на відсоток браку (наявність раковин, спаїв матеріалу тощо).

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування технологічних процесів

2.1.1 Вибір методу отримання заготовок

Вибір методу отримання заготовки деталі "Циліндр".

Як заготовку для деталі "Циліндр" на базовому підприємстві приймають

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

становить 1,0 - 2,2.

Приймаємо $K_p = 2,0$.

Тоді розрахункова маса поковки

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Об'єм геометричної фігури, в яку вписується форма поковки, допускається збільшувати в 1,05 рази відносно габаритних лінійних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь. Габаритні розміри деталі та розміри фігури заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Габаритні розміри деталі та розміри фігури.

Розміри деталі		Розміри фігури	
Максимальний	Максимальна	Максимальний	Максимальна

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

сті

коefficient K_p	маса поковки $M_{ПР}$, кг	об'єм поковки $G_{П}$, м ³	об'єм геометричної фігури $G_{Ф}$, м ³	відношення $G_{П} / G_{Ф}$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Номінальні розміри деталі, мм	Допуск і відхилення поковки, які допускаються, мм		Припуск на механічну обробку (на бік), мм	Повне значення припуску, мм	Номінальний розмір поковки, мм
Ø146	5,6	+3,7	3,5	7,0	Ø153,0
		-1,9			
Ø105	5,6	+3,7	3,5	7,0	Ø98,0
		-1,9			
530	8,0	+5,3	3,7	7,4	537,4
		-2,7			

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 2.1. 3D модель поковки деталі "Циліндр".

Заготівля з гарячекатаного прутка з урахуванням припусків на

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

З порівняння величин $K_{В.Т.1}$ і $K_{В.Т.2}$ доходимо висновку, що перший спосіб раціональніший, його і приймаємо.

2.2 Визначення послідовності виконання технологічних операцій і вибір обладнання

2.2.1 Визначення послідовності виконання технологічних операцій

Сукупність виконання технологічних операцій становить маршрут обробки. Для складання маршруту обробки встановлюємо план обробки основних поверхонь деталі. Число ступенів і методи обробки основних поверхонь деталей наведені з урахуванням довідника [3; 4] .

Таблиця 2.4 - План обробки основних поверхонь циліндра

Поверхня деталі	Креслярські вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	Точність	Шероховатість R_a	Технологічні переходи (операції)	Точність	Шероховатість R_a

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

12П11	12	$R_a 3,2$	Заготівля Фрезерування одноразове	h14	$R_a 2,5$
136 h11	132 _{-0,25}	$R_a 3,2$	Заготівля Фрезерування одноразове	h14 h11	$R_a 2,5$ 3,2

Поверхня деталі	Креслярські вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	Точність	Шероховатість Ra	Технологічні переходи (операції)	Точність	Шероховатість Ra
Ø140H12	Ø140	Pa 3.2	Резання	H12	Pa 2.5

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

З урахуванням типу виробництва (дрібносерійне) і складності деталей, що виготовляються, приймаємо верстати з ЧПК та оброблювальні центри, які дають змогу виконувати комплексне оброблення фасонних поверхонь деталей, отримувати високу продуктивність праці та легко переналагоджуються.

Циліндр являє собою досить великогабаритну деталь класу "Порожністі циліндри" масою 7 кг. Заготівля поковка, отримана на ГKM. Поверхні заготовки обробляють попередньо, а потім використовують як базові поверхні.

Вирішальними факторами під час вибору обладнання є забезпечення заданої точності та якості оброблюваних поверхонь за максимальної продуктивності праці, габаритні розміри деталей, що обробляються, і можливість автоматизації обробки.

Верстати вибираємо за каталогами із зазначенням у маршрутному технологічному процесі типу і моделі.

Застосування спеціальних верстатів доцільно, оскільки циліндр досить складна за конфігурацією деталь, виготовляються з матеріалу високої міцності (оброблюваність титанових сплавів характеризується їхньою малою пластичністю, високою хімічною активністю під час різання, низькою теплопровідністю) і являють собою деталі відповідальної частини літака.

Для обробки нашої деталі ми застосовуємо один верстат, токарно-фрезерний центр з ЧПУ MultiCut 500i. Це токарні, фрезерні та спеціальні

3

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Рисунок 2.2 MULTICUT 500i (S)

Таблиця 2.5 TECHNICAL DATA MULTICUT 500i (S) TECHNICAL

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

центром (макс. швидкість) з патроном		
--------------------------------------	--	--

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Висока швидкість	мінімум ⁻¹	3500
Номінальна частота обертання шпинделя	мінімум ⁻¹	750
Ступені редуктора		1
Тип шпиндельного носика (DIN 55026)		A8

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Повністю знищено | мм | 562

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Висота машини / для транспортування	мм	3760 / 3660
Вага машини	кг	23 050
ПІДКЛЮЧЕННЯ МАШИНИ		
Електроживлення / безперервне	кВА	110
Подача / тиск / витрата стисненого повітря	МПа/L.min ⁻¹	0,6 / 600
СИСТЕМА КОНТРОЛЮ		
Тип		Siemens Sinumerik 840D SL

2.3 Вибір і обґрунтування технологічних і вимірювальних баз

На основі аналізу технічних вимог до деталі та умов її експлуатації виявляємо технологічні бази для всіх пропонованих операцій її обробки.

Вибір баз для подальшого оброблення ґрунтується на тому, що найбільша точність оброблення досягається в разі використання на всіх операціях механічного оброблення одних і тих самих базових поверхонь, тобто дотримання принципу сталості баз.

Для циліндра приймаємо такі технологічні бази:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

системою технічної документації.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

З огляду на можливі деформації внаслідок перерозподілу внутрішніх напружень, спочатку обробляємо поверхні, до яких не висуваються жорсткі вимоги щодо точності, а потім більш точні поверхні.

Операційні карти і карти ескізів з повною інформацією про технологічний процес знаходяться в додатку А, Б.

2.5 Вибір пристосувань, ріжучих інструментів і засобів технічного контролю

2.5.1 Вибір пристосувань і допоміжних інструментів

Вибір пристосувань і допоміжних інструментів проводиться за кожною операцією окремо. Пристосування повинно забезпечувати необхідну точність обробки, високу продуктивність, безпеку та економічність. Оскільки на заводі є розгалужена система стисненого повітря, то під час обробки використовуємо пневматичні пристосування.

Під час обробки деталей на токарних верстатах з ЧПК застосовуємо стандартні та спеціальні трикулачкові патрони [11; 12] . Вони забезпечують надійне закріплення деталі, достатню точність закріплення деталі, достатню точність положення, швидкодію при закріпленні та знятті деталі. При використанні даних пристосувань зменшується собівартість виготовлення деталей.

Під час фрезерно-свердлильних операцій циліндра застосовують спеціальні одномісні пристосування, що дає змогу досягти найбільшої продуктивності й економічності, безпеки праці, а також зручності в роботі.

На слюсарних операціях застосовуємо універсальні лещата з механічним затискачем, оскільки їхнє застосування на цих операціях не вимагає високої точності обробки.

Після вибору необхідних пристосувань у відповідних графах операційних карт вказуємо їх найменування.

2.5.2 Вибір ріжучих інструментів за ISO

Вибір ріжучих інструментів здійснювали з урахуванням характеру виробництва, методу оброблення, типу верстата, конфігурації, розмірів, матеріалу оброблюваної заготовки, необхідної якості поверхні і точності оброблення.

Залежно від виду обробки в проектованому технологічному процесі застосовується стандартний різальний інструмент:

- для чорнової та чистової обробки циліндричних поверхонь

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

та перетворити різці з пластичними з твердого сплаву ISO 10,

- для притуплення гострих кромки і зняття задирок застосовуються надфель і шабер.

Оскільки умови експлуатації інструменту на верстатах з ЧПК відрізняються від умов експлуатації інструменту на звичайних верстатах, то питома вага часу різання від загального часу роботи зростає до 45-75%. Це знижує стійкість і збільшує витрату різального інструменту, тому, з огляду на умови експлуатації під час вибору різальних інструментів, необхідно керуватися таким:

– для токарного оброблення використовувати різці з механічним кріпленням багатограних непереточуваних швидкозмінних пластин з твердого сплаву. У конструкціях прохідних різців використовуються чотиригранні пластини з головним кутом у плані 45° ;

– для фрезерування уступу, плоских і фасонних поверхонь головки використовувати фрези зі швидкозмінними пластинами з твердого сплаву фірми TaeguTec, Hohnmann Group, які не переточуються.

Прийняті ріжучі та допоміжні інструменти для кожної операції вказані в доданому технологічному процесі (додаток А, Б).

2.5.3 Вибір засобів технічного контролю

Під час проектування цього технологічного процесу по відношенню до засобів технологічного контролю враховуються такі правила. Оскільки основна частина операцій виконується на верстатах із програмним керуванням, то точність розмірів забезпечується технологічно, без засобів контролю, особливо це стосується розмірів, які не можуть бути виміряні. Якщо без засобів технологічного контролю обійтися неможливо, застосовують засоби активного контролю з тим, щоб виключити або скоротити до мінімуму час на технічні вимірювання. Для вимірювання діаметрів зовнішніх поверхонь, отворів і довжин застосовуються універсальні інструменти та прилади, до яких належать: штангенінструменти, вимірювальні головки, мікрометричні інструменти.

Прийняті засоби контролю, залежно від точності контрольованих параметрів для кожної операції, записані в технологічних картах (додаток А, Б) із зазначенням їхнього найменування, вимірюваного розміру, DIN або нормалі на виготовлення цих інструментів [10] .

2.6 Вибір і розрахунок режимів обробки

На операції режими обробки вибираємо за довідником [13, 14] і заносимо в операційні карти.

Номер		Найменування операції та переходу	Режими обробки						
операції	переходу		D (B), мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	п, об/хв
11	Шліфування	Шліфування	128.5	22	0.5	1	0.07	78	102.2

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

11	Шліфування	Шліфування	128.5	22	0.5	1	0.07	78	102.2
----	------------	------------	-------	----	-----	---	------	----	-------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

		під різьблення	нарізування						
--	--	-------------------	-------------	--	--	--	--	--	--

3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір технологічного оснащення

3.1.1 Аналіз вихідних даних

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

швидкодіючими і забезпечують на кулачках постійне затискне зусилля.

Під час роботи в патронах з ручним приводом, для того щоб попередити ослаблення затиску і прослизання виробу в процесі обробки, доводиться затискати деталь із силою більшою, ніж це потрібно. У пневматичних патронах кулачки весь час стискають виріб з однаковою силою і будь-які випадкові обставини, що виникають під час роботи, не можуть послабити затиск.

Передавальне відношення в механізмі пневматичних патронів беруть у межах від 1:1 до 1:4 (у ручних патронах передавальне відношення за потребою береться більшим), тому пневматичні патрони мають високий коефіцієнт корисної дії.

Пневматичні патрони легко керовані, вимагають незначної витрати зусиль на затиск, знижують фізичну стомлюваність робітника. Головна перевага пневматичних патронів - у швидкості затиску.

Форма, якість оброблюваних поверхонь, вимоги до їхньої точності та взаємного розташування дають змогу використання цього виду устаткування і застосування спеціального пристосування. Форма заготовки не вимагає розробки великогабаритних і складних за конструкцією елементів пристосування. Дане пристосування не перешкоджає подачі різального, вимірювального інструменту до оброблюваних поверхонь.

Для визначення можливості виконання заданої виробничої програми визначаємо такт за формулою (1.6), розділ 1:

$$\tau_e \leq 2040 \text{ хв.}$$

Перевіряємо умову:

$$T_{шт.к} \leq \tau_e,$$

де $T_{шт.к}$ - штучний час, хв.

$$T_{шт.к} \leq 2040$$

умова виконується, отже, виробнича програма виконується при застосуванні одномісного верстатного пристосування.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Щод час закріплення деталі в зх кулачковому патроні та люнеті, реалізується така схема: зв'язок $C_{1,2,3,4}$ - подвійна напрямна база ($C_{1,2,3,4} S_{y,z}, R_{ot_{y,z}}$), зв'язок C_5 - опорна база ($C_5 S_x$).

Установчими елементами для реалізації прийнятої схеми базування є - комплект кулачків (сирі та загартовані) [12].

Оскільки обраний патрон є трикулачковим, то кількість настановних елементів визначено заздалегідь - 3 кулачки. Розміри прийнятих настановних елементів наведено нижче, рисунок 3.2.

І К

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Вибираємо кулачки з типорозмірами: E=85 мм, F=28 мм, G=60 мм, H=8,5 мм, J=10 мм, K=29 мм, L=29 мм, M=14 мм, S=8 мм.

Взаємне розташування настановних елементів, а також їхнє положення відносно базових поверхонь визначається за кресленням деталі.

3.1.2 Силовий розрахунок пристосування

У процесі обробки заданих поверхонь (розточування) на заготовку й елементи пристосування діятимуть сила різання $P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 5^1 \cdot 0,09^{0,75} \cdot 64,2^{-0,15} \cdot 1,7 = 2244,36H$, сила закріплення Q і створювана нею сила тертя F_{TP} .

Силою тяжіння G можна знехтувати. Коефіцієнт тертя приймаємо $f = 0,16$, оскільки заготовка контактує з притискним елементом.

Для компенсації можливих випадкових відхилень силових факторів від розрахункових (середніх) значень у силовий розрахунок вводять коефіцієнт запасу [15]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.1)$$

де $K_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1 \div 1,2$ - враховує стан базових поверхонь;

$K_2 = 1 \div 1,9$ - враховує затуплення інструменту;

$K_3 = 1 \div 1,2$ - враховує ударне навантаження на інструмент;

$K_4 = 1 \div 1,3$ - враховує стабільність сил, що розвиваються приводом;

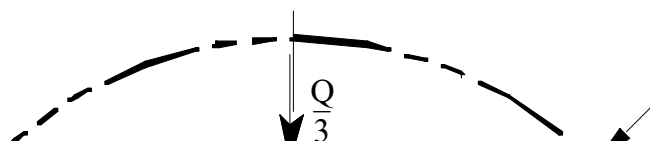
$K_5 = 1 \div 1,2$ - враховує зручність керування затискними механізмами з ручним приводом;

$K_6 = 1 \div 1,5$

разі

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

іша



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

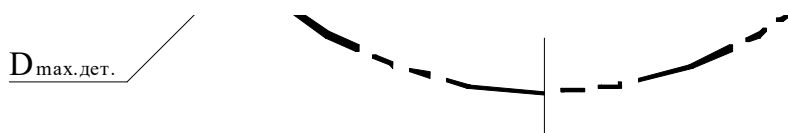


Рисунок 3.3. Схема визначення несприятливого моменту

Несприятливий момент це провертання заготовки навколо своєї осі під дією сили P_z . Провертання відбувається від моменту, створюваного силою різання, під час точіння найбільшого діаметра заготовки. Під час обробки менших діаметрів заготовки крутний момент від сили різання менший і

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

о
у
я
і,
ї
у
к

3.4) і проводимо розрахунок приводу.

Механізм є гвинтовим. Тому під час визначення сили приводу необхідно враховувати передавальні зусилля елементарних механізмів, що входять до складу проєктованого механізму (рисунок 3.5).

Оскільки кількість затискних елементів три, то й зусилля затиску ділиться на три частини.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 3.4. Принципова схема пристосування

Рисунок 3.5. Передавальні зусилля важільно-клинового механізму

Момент, створюваний силою Q , повертає гвинт навколо своєї осі, і гвинт передає різьбленню зусилля затиску W кулачку, що затискає деталь.

Сила тяги приводу визначається за виразом [15]:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

самогальмування, щоб не відбулося самовіджимання деталі.

За умовою самогальмування:

му

ву

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

D

приймаємо різьбу трапецеїдальну град. 52x (0x 2) ISO 2904.

Кут тертя визначається за формулою

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Приймаємо $\frac{d}{D} = \alpha = 0,46$

$$\frac{\pi D^2(1-\alpha^2) \cdot p}{4} = W \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4W}{\pi(1-\alpha^2) \cdot p}} \quad , (3.9)$$

де W - сила тяги, Н;

p - тиск робочого середовища, Па.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2200}{3,14(1-0,46^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,094\text{м} = 94\text{мм}.$$

З огляду на розрахунковий діаметр робочої порожнини, приймаємо $D=100$ мм.

Таким чином, сила затиску деталі в приводі створюється за допомогою одноштокового пневматичного циліндра двосторонньої дії ISO 6431

діаметр поршня приймаємо рівним 100 мм, діаметр штока 25 мм, хід поршня - мм, статичне зусилля на штоку: штовхаюче - 2700Н, тягнуче - 2550Н.

3.1.3 Оцінка точності пристосування

Перевіряємо пристосування на точність за умовою [15]:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Д

$$[\varepsilon] = 35 - 0,3 \cdot 10 = 32 \text{ мкм}$$

Похибка пристосування дорівнює [15]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2}, \quad (3.12)$$

де ε_{δ} - похибка базування;

$\varepsilon_{\text{з}}$ - похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{п}}$ - похибка положення.

Похибка базування дорівнює:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot TD = 0,5 \cdot 35 = 17,5 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки лінія дії зусилля закріплення перпендикулярна напрямку виконуваного розміру (розточування отвору).

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

різальний інструмент. При цьому керуються такими міркуваннями:

- інструмент повинен забезпечувати необхідні точність і якість оброблених поверхонь, а також необхідну продуктивність і рентабельність.

Застосування того чи іншого інструменту диктується такими факторами: методом обробки поверхні, видами верстата і технологічного оснащення, конфігурацією і розмірами заготовки, оброблюваним матеріалом, типом і рівнем організації виробництва тощо. В одиничному і серійному виробництві перевагу віддають універсальному (покупному) інструменту.

Для правильного вибору різального інструменту під час точіння необхідно знати конструктивні особливості токарних різців.

Конструктивні особливості токарних різців найзручніше розглянути на прикладі токарного прямого прохідного різця. Токарний різець складається з двох частин - робочої частини і стрижня (корпусу). Стрижень призначений для кріплення різця на верстаті. Робоча частина характеризується поверхнями, крайками і вершинами. Передня поверхня (ПП) під час різання контактує зі зрізаним шаром заготовки і стружкою. Головна задня поверхня (ГЗП) звернена до зрізу оброблюваної поверхні заготовки. Допоміжна задня поверхня звернена до обробленої поверхні заготовки. Слід зазначити, що стружка

сходить тільки по передній поверхні, задні поверхні не беруть участі в процесі різання, а тільки контактують із поверхнями заготовки. Перетин передньої поверхні з головною задньою поверхнею утворює головну ріжучу кромку (ГРК), а з допоміжною задньою - допоміжну ріжучу кромку. Вершина різця - це місце перетину головної та допоміжної ріжучих крайок.

Вибір ріжучого інструменту для точіння починається з аналізу поставленого завдання. Насамперед необхідно вибрати тип різця. Тип різця вибирають залежно від форми оброблюваної поверхні.

Після вибору типу різця необхідно вибрати інструментальний матеріал і відповідні параметри кутової геометрії інструмента. Матеріал ріжучої частини інструменту обирається залежно від виду точіння і матеріалу заготовки.

Таблиця 3.1 Ріжучий інструмент і режими різання

№ операції	Найменування операції	Найменування інструменту	Режими різання
			T = 3-4 мм.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

030	Токарна	Державка Korloy DCLNR A25R-DCLNR/L-19 з пластиною CNMG-NA 190608-MM PC8110	T = 1 мм, Soб = 0.1-0.2 мм\об V - 70м\хв
-----	---------	--	--

№ операції	Найменування операції	Найменування інструменту	Режими різання
------------	-----------------------	--------------------------	----------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Затискними називають пристрої, що усувають можливість вібрацій або зсуву заготовки відносно настановних елементів під дією власної ваги і сил, що виникають у процесі оброблення (складання). Необхідність застосування затискних пристроїв зникає у двох випадках: коли обробляють (збирають) важку, стійку заготовку (складальну одиницю), порівняно з вагою якої сили оброблення (складання) малі; коли сили, що виникають під час оброблення (збирання), прикладені так, що вони не можуть порушити положення заготовки, досягнуте базуванням.

До затискних пристроїв висувають такі вимоги.

- 1. Під час затискання не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням. Це забезпечується раціональним вибором напрямку і точки прикладання сили затиску.
- 2. Затискач не повинен викликати деформації закріплюваних заготовок або псування (зім'яття) їхніх поверхонь.
- 3. Сила затиску має бути мінімально необхідною, але достатньою для забезпечення надійного положення заготовки відносно настановних елементів пристосувань у процесі обробки.


- 4. Затиск і відкріплення заготовок необхідно проводити з мінімальною затратою сил і часу робітника. При використанні ручних затискачів зусилля руки не повинно перевищувати 147 Н.
- 5. Сили різання не повинні, по можливості, сприймати затискні пристрої.
- 6. Затискний пристрій має бути простим за конструкцією, максимально зручним і безпечним у роботі.

Виконання більшості цих вимог пов'язане з правильним визначенням величини, напряму і місця прикладання сил затиску.

Розрахунок сил затиску може бути зведений до розв'язання задачі статички на рівновагу твердого тіла (заготовки) під дією системи зовнішніх сил.

До заготовки з одного боку прикладено силу тяжіння і сили, що виникають у процесі обробки, з іншого - шукані затискні сили і реакції опор. Під дією цих сил заготовка повинна зберегти рівновагу. Під час розрахунків слід орієнтуватися на таку стадію дії зсувних сил і моментів, за якої сили затиску виходять найбільшими.

Таблиця 3.2 Оснащення та ріжучі інструменти

Найменування затискного пристосування	Фото затискного пристосування	Фото інструменту який буде використаний
Пат цап фре све GA 539 63 Цап 888	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.</p> </div>	

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

3.4 Вимірювальний інструмент

Вибір засобів вимірювань при перевірці точності деталей - один із найважливіших етапів розроблення технологічних процесів технічного контролю.

Основні принципи вибору засобів вимірювань полягають у такому: точність засобу вимірювань має бути досить високою порівняно із заданою точністю виконання вимірюваного розміру, а трудомісткість вимірювань та

їхня вартість мають бути якомога нижчими, забезпечуючи найвищі продуктивність праці та економічність.

Недостатня точність вимірювань призводить до того, що частину придатної продукції бракують (помилка першого роду); водночас із тієї самої причини іншу частину фактично непридатної продукції приймають як придатну (помилка другого роду).

Зайва точність вимірювань, як правило, буває пов'язана з надмірним підвищенням трудомісткості та вартості контролю якості продукції, а отже, призводить до подорожчання її виробництва.

Під час вибору вимірювальних засобів і методів контролю виробів враховують

- допустиму похибку вимірювального приладу-інструменту;
- ціну поділки шкали;
- поріг чутливості;
- межі вимірювання, масу, габаритні розміри, робоче навантаження тощо.

Визначальним фактором є допустима похибка вимірювального засобу, що впливає зі стандартизованого визначення дійсного розміру як і розміру, одержуваного в результаті вимірювання з допустимою похибкою.

Найпростіший спосіб вибору засобів вимірювань ґрунтується на тому, що точність засобу вимірювань має бути в кілька разів вищою за точність виготовлення вимірюваної деталі. Під час контролю точності технологічних процесів вимірюванням точності розмірів деталей рекомендується застосовувати засоби вимірювань із ціною поділки не більше $1/6$ допуску на виготовлення.

Значення допустимої похибки вимірювання залежить від допуску, який пов'язаний з номінальним розміром і з квалітетом точності розміру контрольованого виробу. Розрахункові значення допустимої похибки вимірювання в мкм наводяться в стандартних таблицях.

Рекомендується, щоб величини допустимих похибок вимірювання для квалітетів 2-9 становили до 30%, для квалітету 10 і грубіше - до 20% допуску на виготовлення виробу.

Таблиця 3.3. Дані про вимірювальні інструменти

Найменування вимірювального інструменту	Фото інструменту	Технічні характеристики
---	------------------	----------------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Ци мі ну 42 86	Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.	001 мої 3 5
----------------------------	---	----------------------

4. НАУКОВИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження моделювальними методами в САМ-системі технологічного процесу обробки деталі «Циліндр»

У цьому розділі представлено альтернативний варіант обробки деталі «Циліндр» за допомогою верстата з числовим керуванням комп'ютера. Ми використовуємо програмне забезпечення Dassault Systèmes SolidWorks для створення 3D-моделі та програмне забезпечення Autodesk FeatureCAM 19 для контролю обробки деталі з нуля. Код для програми керування верстатом також був розроблений за допомогою FeatureCAM.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

- Високошвидкісний розрахунок керуючих програм;
- Автоматизована оптимізація подачі для скорочення часу обробки;
- Інтегровані засоби візуалізації обробки;
- Перевірка та виключення врізань;
- Імпорт твердотільних, поверхневих моделей, а також геометрії каркасу у різних форматах: AutoCAD, STL, STEP, IGES, Parasolid;
- Автоматичне визначення типових елементів (отворів, кишень, кишень тощо) та їх обробка;
- Закриття отворів та жолобів для запобігання їх обробки;

- Гнучкий механізм обмеження меж для обмеження області обробки;
- Генерація карт дебагінгу для керуючих програм.

На початку ми створюємо тривимірну твердотільну модель деталі і на основі розрахованих допусків для обробки створюємо деталь за допомогою САД програми SolidWorks (рис. 3.6). Тривимірна модель деталі служить не лише для кращої візуалізації, але також на ній в кінці проводять порівняння після комп'ютерної обробки. Це дозволяє швидко перевірити місця, де залишилися допуски, і де можуть бути врізання та зіткнення. Це дозволяє скоротити час, витрачений на розрахунок CNC програми.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Фігура 3.6. 3D-модель деталі «Циліндр» в SolidWorks

Потім ми імпортуємо нашу модель до FeatureCam і починаємо визначати поверхні, які потрібно вирізати. Список операцій, створених на цьому етапі, і ми налаштовуємо процеси, такі як фрезерування, різання, свердління. Всі види операцій, такі як грубе та обробне, були враховані. Програмне забезпечення може симулювати обробку однієї операції після іншої з різною швидкістю, яку може налаштувати користувач, як це відбувається з реальним верстатом. Тип

верстата ЧПК та різучі інструменти також можна вибрати з бази даних програмного забезпечення.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Фігура 3.7. Фрезерування плоскостей на циліндрі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Фігура 3.8. Формування зовнішньої різьби

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Фігура 3.9. Свердління отворів

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Фігура 3.10. Зовнішнє вирізання деталі

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Фигура 3.11. Фототування циліндра з червоным та сирим обробленим

Після завершення обробки ми отримуємо не лише графічне відображення результату та візуалізацію, але й машинний код для верстата ЧПК, тобто генерується програма управління. Частина цієї програми представлена нижче:

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОБОТИ

Було визначено та обрано обладнання для механічної обробки деталі "Циліндр". Використано високопродуктивний багатофункціональний центр з ЧПУ і підібрані допоміжні пристрої. Вибрано з каталогу виробника відповідні різці, фрези, свердла тощо.

У науковому розділі було розглянуто проблеми утилізація відходів на виробництві. Складнощі під час обробки виробів із титану та особливості виплавки заготовок із цього матеріалу. Досліджено можливість заміни матеріалу деталі для даного вузла літального апарату. Більш детально вивчено проблему забруднення навколишнього середовища від металообробного виробництва. Наведено варіанти зниження негативних наслідків для флори і фауни, які можуть виникати при подібних типах виробництва. Проведено аналіз життєвого циклу деталі з титанового сплаву.

У результаті аналізу наявних техпроцесів можна зробити такі висновки:

- Для виготовлення циліндра раціонально застосувати заготовку штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), що значно збільшить коефіцієнт використання матеріалу, а також зменшить кількість операцій і знизить трудомісткість виготовлення деталей.

На прикладі циліндра відпадає необхідність свердління отвору, чим

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Під час проведення розмірного аналізу виявлено можливість забезпечення мінімальних припусків і максимально-можливих допусків на обробку за заданого рівня якості виробу.

Вважаємо, що представлений проєкт дає змогу підняти продуктивність праці та якість продукції, що випускається, на вищий рівень. Значно заощадити технологічний і машинний час на виробництво нашого виробу за рахунок сучасної системи ЧПУ на верстаті, а також використання спеціального програмного забезпечення AutoDesk FeatureCAM. Цей проєкт може бути впроваджений на базовому машинобудівному підприємстві, де використовуються сучасні верстати з ЧПУ.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування» / В. М. Гейчук ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 394 с.

6. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 15,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

7. David A. Stephenson, John S. Agapiou Metal Cutting Theory and Practice. Third Edition 2016 by Taylor & Francis Group, LLC 932p.

8. Найкращі рішення для обробки. Лінійка необертальних інструментів. Токарна обробка. Обробка канавок. Різьбонарізання. Відрізання. Метрична версія каталогу 2019. 08/2020 3395080. Member IMC Group ISCAR / www.iscar.com.ua.

9. Найкращі рішення для обробки. Фрезерування. Свердління. Інструментальна оснастка. Метрична версія каталогу 2020-2021. 10/2020 3395081. Member IMC Group ISCAR / www.iscar.ua

10. Петраков Ю.В., Мацківський О.С. Моделювання фрезерування кінцевими фрезами. Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (73). 2015.

11. Петраков Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: Монографія. – Київ, Січкара, 2011. – 220 с.

12. Дубовой В.М. Моделювання та оптимізація системи: підручник / Дубовой В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усова А.В. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс», 2017. – 804с.

13. Васильченко Я.В. Математичне моделювання процесів різання та різальних інструментів. Практикум. ДДМА, Краматорськ, 2019. – 249с

14. Zhuravel, O . Yu , Derbaba, V.A., Protsiv, V.V., & Patsera, S.T. (2019). Interrelation between Shearing Angles of External and Internal Friction During Chip Formation. Solid State Phenomena. Materials Properties and Technologies of Processing, (291), 193-203. - 2019. doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.291.193

15. Kravchenko, Yu., & Derbaba, V. (2020). Empirical definition of the shearing angle and chip-edge contact length when cutting. Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 63, 123-133. <http://znp.nmu.org.ua/index.php/en/archives/33-63en/358-63en11>.

16. Щербина Є.Ю. Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки / Є.Ю. Щербина, В.А. Дербаба, В.А. Козечко // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2022 – № 67 – С.77-95 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.077> .