

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 Самойленко Сергій Миколайович

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Аналіз та корекція фрезерувальних операцій при механічній
обробці деталі «Корпус замка» з використанням САМ систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30
квітня 2024 р. 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. Узв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

машинобудування та матеріалознавства

В.А. Дербаба

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«__» _____ 2024 року

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

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Самойленко Сергій Миколайович

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва» на тему: «Аналіз та корекція фрезерувальних операцій при механічній обробці деталі «Корпус замка» з використанням САМ систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30 квітня 2024 р. за № 382-с

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|--------|-------|------------------|
|--------|-------|------------------|

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

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ | 4 |
| 1 Аналітичний розділ | |
| 1.1 Характеристика об'єкта виробництва | 6 |
| 1.2 Оцінка технологічності деталі | 8 |
| 2. Технологічний розділ | 10 |
| 2.1 Визначення типу виробництва і форма його організації | 10 |
| 2.2 Вибір і обґрунтування способу отримання заготовки | 12 |
| 2.3 Вибір технологічних баз деталі Корпус..... | 14 |
| 2.4 Розробка маршруту обробки деталей | 16 |
| 2.5 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки | 18 |
| 2.6 Вибір технологічного обладнання | 20 |
| 2.7 Визначення режимів різання та різального інструменту..... | 24 |
| 3 Спеціальний розділ | 30 |
| 3.1 Аналіз вихідних даних..... | 30 |
| 3.2 Вибір та обґрунтування верстатного пристосування..... | 36 |
| 3.3 Оцінка точності пристосування..... | 39 |
| 3.4 Вибір засобів технічного контролю..... | 43 |
| 4. Науково-дослідний розділ | 47 |
| 4.1 Адитивні технології в машинобудуванні..... | 47 |
| 4.2 Модуль PowerMill Additive..... | 49 |
| 4.3 Методика та етапи роботи с модулем PowerMill Additive | 56 |
| 4.4 Порівняння адитивної та ливарної технології..... | 58 |
| Загальні висновки | 62 |
| Перелік посилань | 63 |

ВСТУП

В умовах ринкової економіки і активної конкуренції особливої гостроти для машинобудівних заводів набуває проблема регулярного оновлення продукції, випуску нових модифікацій уже розроблених виробів з тим, щоб задовольнити запити максимального числа споживачів. Перш ніж випустити нову конкурентоспроможну продукцію, необхідно провести більшу роботу зі збору, накопичення та оперативної обробки інформації. Переробка великих обсягів інформації в даний час неможлива без використання ЕОМ. Створення нової техніки в машинобудуванні відбувається в такий послідовності: на основі аналізу продукції, що випускається проектується нова, володіє більш високими естетичними, експлуатаційними або іншими властивостями, потім виробляються інженерні розрахунки і моделювання, технологічна підготовка виробництва, виготовлення і збут виробу. При цьому ми отримуємо замкнутий цикл, так як проектування нового виробу виконується на базі аналізу ринку і даних про ефективність, надійність і збуті моделей, що випускаються. Область застосування систем автоматизованого проектування (САПР) охоплює сьогодні найрізноманітніші види діяльності людини - від розстановки меблів в квартирі до проектування і виготовлення інтегральних мікросхем і сучасної космічної техніки. Кожна категорія завдань технічного креслення пред'являє до цих продуктів свої вимоги, однак найбільше поширення вони отримали в машинобудуванні та архітектури. Використання САПР дозволяє членам проектних груп одночасно працювати над виробом з різних сторін: вирішувати завдання стильового дизайну, проектування зовнішнього вигляду виробу і паралельної по агрегатного розробки виробу. Новий виріб створюється в конструкторському підрозділі, яке є центральною ланкою комп'ютеризації підприємства.

Одночасно групою фахівців різних профілів, які працюють над випуском нового виробу, виконуються всі етапи розробки деталей, вузлів і зборок, їх технологічна опрацювання (Concurrent engineering). Виріб починають виготовляти ще до того, як буде завершено випуск всієї документації, що призводить до значного скорочення термінів і підвищує якість проектування. Полегшується автоматизоване управління проектами та підприємством на базі електронного доку-

ментообігу. Будь-які через трансформаційних змін в будь-якому елементі виробу негайно стають доступними як для окремих конструкторів і технологів, так і для цілих відділів і організацій на всіх етапах створення виробу - завдяки використанню єдиної бази даних. Таким чином, САПР скорочує час і трудовитрати на проектування виробу. Для випуску конкурентоспроможної продукції, що відповідає світовим стандартам, необхідно забезпечити використання єдиної інтегрованої бази даних. Інтеграція конструкторських і технологічних робіт, програмного забезпечення для документообігу дозволяє користувачам управляти всіма типами інформації про продукт і проект від зміни замовлень до контролю якості та ведення справ з обслуговування клієнтів. Така організація праці особливо ефективна в умовах багато-номенклатурних виробництва і в тих випадках, коли пред'являються підвищені вимоги до оперативності та якості функціонування виробництва. САПР в машинобудуванні використовується для проведення конструкторських, технологічних робіт, в тому числі робіт з технологічної підготовки виробництва. За допомогою САПР виконується розробка креслень, проводиться тривимірне моделювання виробу та процесу складання, проектується допоміжне оснащення, наприклад штампи і прес-форми, складається технологічна документація і керуючі програми (УП) для верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), ведеться архів. Сучасні САПР застосовуються для наскрізного автоматизованого проектування, технологічної підготовки, аналізу і виготовлення виробів в машинобудуванні, для електронного управління технічною документацією.

Застосування САПР з автоматизованою системою управління підприємством дозволяє створити єдиний інформаційний комплекс, який дозволяє: - скоротити в 1,5-2 рази цикл створення виробу;

- знизити матеріаломісткість виробу на 20-25%;
- зменшити витрати на виробництво на 15-20%;
- підвищити якість виробу і конкурентоспроможність підприємства.

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 «ДТМ-ІНЖИНІРИНГ».

1. Аналітичний розділ

1.1. Технологічний контроль робочих креслень

Основними вихідними даними для технологічного проектування є конструкторський документ у вигляді робочого креслення. Робоче креслення деталі

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

вушинах на валах закріплюються важелі управління «шасі» літака.

В процесі роботи вона витримує тряску та вібрацію, а також напруження на гнуття. Вимоги до матеріалу – можливість виготовлення складної конфігура-

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

Деталь «Корпус» має складну просторову форму що характеризується сполученням внутрішніх і зовнішніх концентричних поверхонь.

Аналізуючи вимоги до робочого креслення, робимо висновок, що матеріал деталі забезпечує необхідні механічні властивості, шорсткість необроблених поверхонь і задану товщину стінок при використанні спеціальних методів лиття, що доречні в умовах мало серійного виробництва.

У конструкції деталі є поверхні, які можуть бути використані в ролі чорнових технологічних баз. Так, зовнішня поверхня хрестовини, хоча й має неправильну геометричну форму, може бути використана для базування в чотирьох-кулачковому патроні, що забезпечує обробку за один установ основних і допоміжних конструкторських баз із дотриманням основного принципу - поєднання технологічних, вимірювальних і конструкторських баз.

Також деталь має зовнішні глухі та наскрізні отвори. Вісім глухих отворів М5-7Н не є технологічними, але довжина отвору дозволяє виконати вимоги креслення при використанні верстата з ЧПК.

Марка матеріалу для виготовлення заданої деталі і особливі вимоги до механічних властивостей вказані в основних конструкторських документах. Виконаємо аналіз відповідності механічних і технологічних властивостей матеріалів умовам експлуатації і механічної обробки.

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

1.2. Оцінка технологічності деталі

Технологічність визначається ступенем відповідності конструкції деталі умов її виготовлення. Розрізняють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва і експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної обробки, коли конструкторські документи вже затверджені і не підлягають радикальних змін, доцільно проводити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнено, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь вимог до технологічності конструкції.

Деталь «Корпус» має складну просторову форму, яка характеризується поєднанням внутрішніх і зовнішніх концентричних поверхонь.

Аналізуючи вимоги робочого креслення, робимо висновок, що матеріал деталі дозволяє забезпечити необхідні механічні властивості, шорсткість необроблюваних поверхонь і конструктивні особливості деталі. Співвідношення геометричних параметрів деталі, в поєднанні з особливостями конструкції і умовами оброблюваності ливарного алюмінію, дозволяє призначати оптимальні режими різання. Конструкція деталі дозволяє обробляти внутрішні поверхні

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

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів визначається за формулою:

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э}, \quad (1.1)$$

де $Q_{y.э}$ - число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

$Q_э$ - число типорозмірів конструктивних елементів;

Прикладами конструктивних елементів виробу є різьблення, галтелі, фаски, проточки, отвори і т.п. Ознаки, за якими конструктивний елемент може вважатися уніфікованим, встановлюється галузевої нормативно-технічної документації. З огляду на область застосування деталі, вважаємо, що коефіцієнт уніфікації за лінійними розмірами, радіусів заокруглення і сполучення більше 0,6, тобто за даними конструктивних елементів деталь технологічна.

За таким конструктивних елементів, як діаметри отворів для кріплення, різьблення, фаски $K_{y.э} = 1$.

2. Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}, \quad (1.2)$$

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

11,3

При такому значенні коефіцієнта точності обробки деталь вважається технологічним, оскільки $K_{тч}$ більше нормативного значення (0,8).

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні дорівнює:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}, \quad (1.4)$$

де $B_{ср}$ – середнє числове значення параметра шорсткості.

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

2. Технологічний розділ

2.1 Визначення типу виробництва і форма його організації

Виробнича програма випуску деталей встановлюється в залежності від річної потреби виробів і організаційно-технічних умов збирання. На початковому етапі проектування технологічних процесів виготовлення деталей, що входять у виріб, річна виробнича програма випуску визначається за формулою:

$$N = N_v \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right), \text{ (шт. / рік)} \quad (2.1)$$

,де N_v – річна програма випуску виробів;

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

“ ————— ”
250

Виходячи з прийнятої річної виробничої програми випуску деталі і маси до 1 кг приймаємо малосерійний тип виробництва.

2.2 Вибір і обґрунтування способу отримання заготовки

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати призначення і конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску, також економічність виготовлення. Вибрати заготовку - значить встановити спосіб

її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення. Перевага віддається заготівлі, яка характеризується найкращим використанням металу і меншою вартістю з урахуванням наведених витрат на одиницю продукції на яку відрізняються статтями витрат. В іншому випадку остаточне рішення можна ухвалити тільки після економічного комплексного розрахунку собівартості заготівлі та механічної обробки в цілому. Оскільки деталь має складну геометричну форму (вилівок ставиться до третьої групи складності), масу $m = 1$ кг. Крім того, за робочим кресленням до поверхонь заготовки не пред'являються високі вимоги по шорсткості ($Ra\ 12,5 - 6,3$ мкм). Тому раціональним способом отримання заготовки для деталі «Корпус» є лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням.

Розміри заготовки та інші показники, необхідні для технологічних розра-

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

Таблиця 2.1 - Зведена таблиця прийнятих норм точності

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.

| | | | | | | | |
|----------------|---------------------------|-----|------|-----|----------------|-----|----------|
| l ₂ | 42H11 ^{+(-0,62)} | 1,0 | 0,20 | 1,1 | z ₂ | 1,3 | 47,0±0,3 |
| l ₃ | 42 | 1,0 | 0,20 | 1,1 | z ₃ | 1,3 | 43,3±0,5 |
| l ₄ | 10 | 0,6 | 0,20 | 0,7 | z ₄ | 1,0 | 11±0,3 |
| D | Ø34H11 ^(+0,16) | 0,9 | 0,20 | 1,0 | z ₅ | 1,7 | 30,6±0,5 |

За цими розмірами виконана 3D модель і визначено вагу за допомогою програми SOLIDWORKS яка становить 0,68 кг

$$K_{e.m.} = \frac{G_0}{G_3} \quad (2.3)$$

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

прейскурантом, грн

k_T – коефіцієнт, що враховує точність виливки;

k_C – коефіцієнт, що враховує групу складності виливка;

k_B – коефіцієнт, що враховує масу виливка;

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

стовірності порівняльного аналізу способів отримання заготовок, а також збереження методики розрахунків, та преїскурантні і нормативні вартісні показники, які використовуються в розрахунках даного пункту, не коректувалися.

Таблиця 2.3

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

поверхня деталі, для затиску в чотирьох кулачковому патроні Рис- 2.2.



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

Установ 1.

Установ 2.

Рисунок – 2.2 - Базування заготовки в патроні пристосування.

На схемах базування зображено два установа деталі на різні стадіях технологічної обробки. Установ 1 відображає стан і закріплення деталі в верстаті на початкових етапах обробки технологічної бази. На Установі 2 виконується вся подальша обробка деталі.

2.4 Розробка маршруту обробки деталей

При визначенні маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вид заготовки і її точність. Кількість технологічних операцій, їхня кількість буде зумовлюватись методами обробки поверхонь, які визначаються з огляду на необхідний квалітет розміру, параметр шорсткості й умови оброблюваності алюмінієвих ливарних сплавів. Перелік поверхонь, їх розміри і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрут виготовлення деталі.

| Вид поверхні, розмір, мм | Квалітет | Ra, мкм | Метод обробки поверхні |
|-----------------------------|----------|---------|---------------------------|
| 2 | 14 | 12,5 | Ф |

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

о отворів мм

/H

-

Нарізання різьблення

На першій операції механічної обробки необхідно підготувати бази для виконання більшості операцій технологічного процесу, при цьому слід дотримуватися принципів сталості та суміщення баз. Для досягнення необхідної точності деталі в якості технологічних баз слід вибрати поверхні, від яких задано становище більшості інших поверхонь. Для даної деталі ці вимоги найбільш повно виконуються, якщо за технологічні бази прийняти площину одного з торця. Технологічною базою буде зовнішня поверхня розміром 53. Наступним етапом механічної обробки буде повна обробка всіх поверхонь.

2.5 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки

Припуски на механічну обробку значною мірою впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску пов'язано зі збільшенням машинного часу при чорновій обробці, як у разі виконання додаткових обдирних проходів, так і за рахунок зниження режимів у випадку значної глибини

різання. При цьому підвищується витрата різального інструменту й загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Припуски на дві поверхні призначаємо статистичними (табличним) методом. В цьому випадку загальний припуск приймається рівним припуску, приз-

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

няються від мінімальних на величину технологічного допуску.

Граничні припуски для кожного переходу МОП визначаються шляхом віднімання граничних розмірів на двох сусідніх переходах:

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.

однчасної 3-осбовий обробки. СМТС-750 - універсальний 3-осбовий вертикальний обробний центр з розміром конуса ISO 40 з переміщеннями по осі 762 × 508 × 508 мм і інтегрованим двовісний поворотним столом. Верстат оснащений шпинделем з прямим приводом з частотою обертання 8100 об / хв і стандартно комплектується боковим пристроєм зміни інструменту 40 + 1 гніздо. Двовісний

поворотний стіл центру УМС-750 встановлює деталі практично під будь-яким кутом для 5-стороннього (3 + 2) обробки або забезпечує повне одночасний рух по п'яти осях для контурної або складної обробки. Поворотний стіл забезпечує нахил від +35 до -110 градусів і поворот на 360 градусів для створення необхідного зазору інструменту і надання можливості роботи з великими деталями. Стіл розміром 630 × 500 мм володіє стандартними Т-образними пазами і точним напрямним отвором для універсального кріплення. Роботу шпинделя з прямим приводом з частотою обертання 8100 об / хв центру УМС-750 забезпечує система векторного подвійного приводу потужністю 22,4 кВт. Загальний вид верстату зображений на рисунку 2.6.

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

Рисунок 2.6- універсальний вертикально-фрезерний обробний центр УМС-750.

Технічні характеристики верстата зображена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

| | |
|--|-----------------|
| Макс. переміщення по осі X | 762 мм |
| Макс. переміщення по осі Y | 508 мм |
| Макс. переміщення по осі Z | 508 мм |
| Обертання похилій осі, град | від +110 до -35 |
| Обертання поворотної осі, град | 360 |
| Максимальна відстань від столу до торця шпинделя | 610 мм |
| Діаметр планшайби | 500 мм |

| | |
|--|--------------|
| Ширина T-образних пазів | 16 мм |
| Відстань між T-образними пазами | 63 мм |
| Розмір конуса шпинделя | 40 |
| Максимальна частота обертання шпинделя | 8100 об / хв |
| Макс. потужність шпинделя | 22,4 кВт |

2.7 Визначення режимів різання

Вибір різального та допоміжного інструментів здійснювався з урахуванням характеру виробництва, способу обробки, типу верстата, розмірів, конфігурації і матеріалу оброблюваної заготовки, необхідних якості поверхні і точності обробки. Інструмент та рекомендувані режими різання були взяті на сайті Hoffmann group.

Таблиця 2.7

| Тип інструмента | Маркування інструмента | Маркування ріжучої пластини | Глибина різання, мм | Подача, мм/хв | Швидкість різання, |
|-----------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------|--------------------|
| | | | | | |

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

| | | | | | |
|-------------|--------------------------|---|----|------|-----|
| Свердло Ø10 | Art. Nr.122307 18 | - | 72 | 0,07 | 330 |
| Свердло Ø5 | HOLEX VHM DIN 6539 | - | 4 | 0,1 | 160 |

| | | | | | |
|---------------------------|--|---|----|-----|----|
| | Art. Nr. 1221605 | | | | |
| Різьбонаріз- ний мечик | GARANT HSSE-PM Art. Nr.134270M5 | - | 10 | 0,8 | 23 |

3.Конструкторський розділ

3.1 Аналіз вихідних даних

Пристосування призначене для обробки деталі «Корпус» (рис. 3.1). Обладнання – Універсальний вертикально-фрезерний обробний центр УМС-750.

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

Рисунок 3.1– Ескіз деталі

3.2 Вибір та обґрунтування верстатного пристосування

Деталь «Корпус» має складну просторову форму, яка в минулих роках привела до застосування великої кількості верстатів та верстатного пристосування. Новітні технології в значній мірі спрощують технологію виготовлення деталей. Повне виготовлення деталі буде виконано за два установа, дані операції виконується на універсальний вертикально-фрезерний обробний центр УМС-750, що має діаметр план шайби 500 мм і найбільша відстань від осі шпинделя до поверхні стола 610мм; На столі верстата є вісім Т-подібних паза 16Н8 для закріплення пристосування болтами. Зміст операції першого установа полягає в підготовці технологічної бази та обробці отвору $\varnothing 34$.

На другому установі виконується вся подальша механічна обробка деталі, схема базування показана на малюнку 3.2.

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

Для обробки деталі було обрано верстатне пристосування для токарно-фрезерних робіт із каталогу компанії Vertex чотирьох кулачковий патрон.

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.

| | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|----|------|------|
| vmj-8 | 108 | 200 | 250 | Ø5 | Ø162 | 21.5 |
|-------|-----|-----|-----|----|------|------|

Також були сконструйовані нові кулачки з більшою притисочною площею

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

3.3 Оцінка точності пристосування.

На даній операції необхідно забезпечити точність виконання розміру $\emptyset 34H11^{(+0,16)}$ мм. Проектування пристосування повинно забезпечувати необхідний рівень точності обробки, що відповідає виконанню наступної умови

$$\varepsilon \leq [\varepsilon],$$

де ε - дійсна величина похибки пристосування

$[\varepsilon]$ – допустима величина похибки пристосування

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

величини зусилля закріплення. В даному випадку $\varepsilon_s = 0$ мкм, тому лінія дії зусилля закріплення перпендикулярна напрямку виконуваного розміру;

$\varepsilon_n = \varepsilon_u$ и –похибка положення. Похибка положення визначається неточністю установки пристосування на столі верстата, похибкою виготовлення пристосування і зносом настановних елементів пристосування. Похибка положення визначається величинами своїх складових:

$$[\varepsilon] = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_u^2} \quad (3.4)$$

де ε_y – похибка, обумовлена неточностями виготовлення деталей пристосування і їх збирання, мкм;

ε_c – похибка, обумовлена неточністю установки пристосування на столі металорізального верстата, мкм;

Перші дві похибки при використанні одного одномісного пристосування можуть бути компенсовані відповідною настроюванням елементів технологічної

системи. Тому у $\varepsilon_y = \varepsilon_c = 0$

ε_u – похибка, обумовлена лінійним зносом робочих поверхонь настановних елементів, мкм

$$\varepsilon_u = \beta \cdot \sqrt{N \cdot \cos \alpha} \quad (3.5)$$

де

β – емпіричний коефіцієнт, який визначає вплив умов обробки на величину зносу, зокрема, враховується вид і стан базової поверхні заготовки, а також вид встановчого елемента. $\beta = 0.5$:

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

Для базування та контролю розмірів деталі був вибраний бездротовий прецизійний верстатний датчик RMP600 від компанії Renishaw. RMP600 - це компактний високоточний контактний датчик з передачею сигналів по радіоканалу. Цей датчик надає можливість виконувати автоматизовану настройку на

технологічну операцію, а також виробляти 3D вимірювання деталей складної геометричної форми на обробних центрах і багатоцільових верстатах будь-яких розмірів. Датчик має ряд переваг:

- Забезпечує неперевершену субмікрометричну точність при вимірюванні складних 3-мірних форм і контурів.

- Неперевершено низьке зусилля спрацьовування усуває ймовірність пошкодження поверхні і форми при виконанні тонких робіт.

- Міцна конструкція, яка навіть в найжорсткіших умовах навколишнього середовища забезпечує надійні вимірювання і тривалий термін служби.

- Підвищена точність при використанні довгих і індивідуальних щупів, що дозволяє спростити вимірювання складних деталей. Комплект системи зобра-

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

Спеціально для тензOMETричних датчиків була створена серія щупів підвищеної міцності з вуглецевого волокна з високим значенням модуля Юнга. Ці щупи призводять до мінімуму розкид величини відхилення перед спрацьовуванням і підвищують точність датчика.

Програмне забезпечення, що спрощує контактні вимірювання. Широкий вибір макросів циклів і додатків для верстатів дозволяє швидко і легко програмувати цикли вимірювання.

Пакет Inspection Plus включає в себе широкий набір зручних у використанні вимірювальних циклів для датчиків Renishaw для верстатів. Ці цикли дозволяють вирішувати широкий ряд завдань: від простої прив'язки і вимірювання деталей до складних векторних і кутових вимірів.

Додаток GoProbe (Рис. 3.5) зручно видає в вашому смартфоні команди з одного рядка. Просто виберіть необхідний цикл вимірювань з меню, заповніть поля для введення даних, і додаток сформує для цього циклу команду з одного

**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. Спеціальний розділ

3.1 Адитивні технології в машинобудуванні

Адитивна технологія – порівняно молоде, але дуже популярне явище. Назва цієї технології відбувається від англomовного терміна Additive Manufacturing, що в буквальному перекладі означає «виробництво через додавання». Адитивна технологія означає метод виготовлення шляхом пошарового нарощування сировини. Найвідоміший приклад застосування адитивних технологій - популярні 3Dпринтери. Всі види даних пристроїв працюють по технології пошарового синтезу.

Сьогодні складно знайти галузь виробництва, де б не застосовувалися 3D-принтери: з їх допомогою виготовляються деталі літаків, космічних апаратів, підводних човнів, інструменти, протези і імплантати, ювелірні вироби та ін. Перспектива очевидна - адитивна технологія найближчим часом стане пріоритетною технологією машинобудування.

Швидке прототипування. Під швидким прототипуванням розуміють створення прототипу виробу за максимально коротким терміном. Воно входить в число основних застосувань технологій адитивного виробництва. Прототип - це прообраз виробу, необхідний для оптимізації форми деталі, оцінки її ергономіки, перевірки можливостей складання і правильності компоновальних рішень. Ось чому скорочення терміну виготовлення деталі дозволяє значно скоротити час розробки. Також прототип може бути моделлю, призначеної для проведення аеро- і гідродинамічних випробувань або перевірки функціональності деталей корпусу техніки. Швидке виробництво. Адитивні технології в автомобілебудуванні мають великі перспективи. Малосерійне виробництво виробів зі складною геометрією і зі специфічних матеріалів поширене в багатьох галузях. Безпосереднє вирощування виробів з металу тут мотивовано економічною доцільністю, так як цей спосіб виробництва виявився менш витратним. Із використанням адитивних технологій виробляють робочі органи турбін і валів,

імпланти і ендопротези, запасні частини для автомобілів і літаків. Виготовлення складно профільних і унікальних деталей без використання механічних обробних верстатів і дорогої оснастки;

Переваги аддативного виробництва:

- підвищення рентабельності виробництва малої серії і ексклюзивних варіантів;
- усунення впливу «людського» фактора при виготовленні деталей: побудова деталі проводиться в повністю автоматичному режимі;
- зниження ваги деталей за рахунок зменшення товщини стінок, елементів, створення стільникових та інших структур (т. зв. біонічного дизайну);
- можливість створення комплексних, інтегрованих деталей за один технологічний цикл;
- відсутність в деталях ливарних дефектів і напружень;
- управління фізико-механічними властивостями створюваного виробу.

Вартість часу. 3D принтер виготовляє прототипи за кілька годин, а не місяців. Що дає змогу на порядок швидше приймати рішення про доопрацювання конструкції або запуску виробу в серію. Очевидно, чим менше часу потрібно для конструкторських робіт, тим нижче вартість розробки всього проекту. Більш того, в умовах зростання конкуренції, тільки швидке виведення нових виробів на ринок забезпечує максимальний попит з боку споживачів.

**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.

Редагування - містить параметри редагування шарів розраховуються траєкторій і зміни відповідних параметрів процесу.

Візуалізація - містить інструменти для перегляду траєкторій по верствам і адитивною анімацію скупчення матеріалу ViewMill. Експорт - містить можливість експорту траєкторій в Autodesk® Simulation Utility for Netfabb.

Існує три типи стратегій щодо адитивних траєкторій, кожна з яких оптимізована під геометрію з більш високим рівнем складності.

Стратегії Netfabb використовуються для наплавлення 2.5D-компонентів на планарні базові поверхні.

Стратегія «Покриття поверхні» використовується для покриття існуючої форми новим матеріалом, забезпечуючи його захисним шаром. Покриття поверхні застосовується до планарним і циліндричних поверхнях, поверхнях обертання і довільним базових поверхонь.

Стратегія «Побудова елемента» використовуються для побудови готових елементів на базовій поверхні (наприклад, лопатки на циліндричної маточини). Побудова елемента застосовується до планарним і циліндричних поверхнях, поверхнях обертання і довільним базових поверхонь.

Кожна стратегія підтримує параметри процесу. Вони дозволяють точно керувати фізичними діями в процесі наплавлення по траєкторії, наприклад, швидкістю подачі дроту, витратою порошку або потужністю.

4.3 Методика та етапи роботи с модулем PowerMill Additive

Виконуємо 3d модель деталі «Корпус» по робочому кресленнику в cad системі компас 3d. Деталь проілюстрована на рисунку 4.2. Для уніфікації вихідних даних при побудові на установках пошарового вирощування в даний час використовується триангуляційна модель в STL-форматі (* .stl), потім мо-

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

Рисунок 4.3 – 3d модель

Створення траєкторій стратегії Netfabb. Вибираємо вкладку «Аддитивна»> панель «Створити траєкторії»> «Стратегії Netfabb», щоб відкрити діалогове вікно стратегії Netfabb. Далі вказуємо ім'я траєкторії, відкриваємо сторінку модель і вказуємо поверхні моделі, які слід використовувати для розрахунку траєкторії. Далі переходимо на сторінку локальна СК, а потім елемент в списку Локальна СК, щоб вказати систему осей для створення траєкторії.

У списку стратегія вибираємо параметр, щоб вказати метод розрахунку траєкторії: коливання - створення траєкторії з растровими проходами, міняють

напряв всередині шару. Вказуємо значення крок, товщина шару і допуск розсічення шарів. Сторінка стратегії Netfabb приведена на рисунку 4.4



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



Рисунок 4.4 - Сторінка стратегії Netfabb.

На сторінці контроль шляху точне налаштування параметрів розрахунку траєкторії для обраної стратегії. Контроль шару задаємо товщину шарів наплавки.

На сторінці параметри процесів задаємо значення для параметрів наплавлення, що застосовуються на початку першого сегмента. Та натискаємо обчислити. Готовий обчислений результат проілюстровано на рисунку 4.5.

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

данні вноспрасмо вкладку «Аддитивна» панель «Візуалізація» «Інтер'єд наплавлення», щоб відкрити діалогове вікно Анімація – Аддитивна приведена на рисунку 4.6.

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

кінцевий результат друку приведений на рисунку 4.7

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

Далі виконується повна обробка , за технологічним маршрутом та режимами різання приведеними в технологічному розділі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Створення нової продукції, і особливо ливарних деталей, - найбільш трудомістка і дорога частина технологічного процесу. У стандартному виробництві для нової ітерації виробу часто потрібно і нова ливарна оснастка, оскільки модернізувати існуючу або занадто витратно, або неможливо.

Аддитивні технології не дарма називають революційними: вони дозволили скоротити терміни виготовлення виробів для досвідченого виробництва в рази і навіть десятки разів. Наприклад, прототип блоку циліндрів автомобільного двигуна можна надрукувати на 3D-принтері всього за два тижні, тоді як його виробництво традиційними методами займає півроку. 3D-друк не тільки економить час, а й дозволяє виростити моделі і форми будь-якої складності. У лиття в цьому сенсі можливості обмежені. Коли мова йде про точність деталі, застосування 3D-друку також не має собі рівних.

Завдання на дипломний проект виконано в повному обсязі:

Розроблено операційні технологічні процеси механічної обробки заданих деталей на основі застосування прогресивного технологічного обладнання:

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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

«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 данні (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, Січкар, 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 «ГД Едельвейс», 2017. – 804с.

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