

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 Моцух Дмитро Олександрович

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження автоматизованого технологічного процесу
виготовлення деталі «Корпус» та контрольно-вимірювальних операцій
засобами САІ системи»

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, іншудодаткову літературу та посилання. Узв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

Дніпро - 2024

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 Моцуху Дмитру Олександровичу
академічної групи 131М-22Н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
спеціалізації технологій машинобудування та матеріалознавства
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження автоматизованого технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» та контрольовано-вимірювальних операцій засобами САІ системи»

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

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

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Моцух Д.О.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

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

Результат роботи – знаходження оптимальної траєкторії обробки деталі інструментом. Отримання даних щодо встановлення найбільш оптимального та меншого часу затрати на обробку деталі «Корпус». А також, заміна застарілого ріжучого інструменту на сучасний, прогресивний і ефективний в умовах сучасного виробництва.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи - полягає у складених методичних рекомендаціях щодо досліджень контрольно-вимірювальних операцій складного профілю деталі при активному контролі на верстаті з ЧПК.

Практична цінність полягає в розробці більш раціонального способу вимірювань і контролю розмірів та поверхонь машинобудівної деталі з високими вимогами до точності при активному контролі в процесі виготовлення.

Ключові слова: фрезерування, свердлування, нарізь, CAD/CAM/CAE системи, верстат з ЧПК, ріжучий інструмент, корпус.

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 «Машінтех».

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Ведення.....	6
1.2 Характеристика об'єктів виробництва	9
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус»	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей.....	17
2.2 Вибір і економічне обґрунтування способу отримання заготовки	18
2.2.1 Обґрунтування способу отримання заготовки для виготовлення деталі «Корпус»	18
2.3 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «Корпус»	22
2.4 Розрахунок припусків і операційних розмірів механічної обробки	24
2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу механічної обробки заданої деталі	28
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	42
3.1. Обладнання для обробки заготовки та візуалізація в програмі Autodesk PowerMill Ultimate 2019	42
3.1.1. Переваги та необхідність САМ-системи PowerMill	42
3.1.2. Обладнання для Фрезерування та візуалізація у САМ-системі	44
3.1.3. Обладнання для свердління і візуалізація у PowerMill	45
3.1.4. Обладнання для нарізи різьби і візуалізація у PowerMill	48
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	48
Загальні висновки.....	56
Перелік посилань.....	57
Додатки.....	58

Вступ

За порівняно короткий термін верстати з ЧПУ зарекомендували себе як ефективний автоматизоване обладнання, що дозволяє досягти високих технічних і економічних показників, вирішити ряд важливих соціальних завдань. Основні переваги виробництва за допомогою станків з ЧПУ в порівнянні з виробництвом, що використовують універсальні верстати з ручним керуванням, такі:

- скорочення основного і допоміжного часу виготовлення деталей;
- підвищення точності обробки;
- простота і малий час переналагодження;
- скорочення потреби в висококваліфікованій робочій силі;
- можливість застосування багатостанкового обслуговування;
- зниження витрат на спеціальні пристосування;
- скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів і термінів їх поставки;
- концентрація операцій, що забезпечує скорочення обігових коштів у незавершеному виробництві, а також витрат на транспортування і контроль деталей;
- зменшення числа бракованих виробів з вини робітника.

Досвід показує, що найбільший економічний ефект дає виготовлення на верстатах з ЧПУ складних деталей, в тому числі з важкооброблюваних матеріалів, підвищеної точності, що вимагають виконання багатьох технологічних операцій.

Якість роботи, виконаної продукції залежить від правильної експлуатації і якісного ремонту електроустаткування.

1 Аналітичний розділ

1.1 Вступ

У сучасному машинобудуванні обробка різанням є основним технологічним методом, що забезпечує високу якість і точність оброблюваних поверхонь деталей. Тому розроблюваний технологічний процес повинен бути прогресивним, забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості деталей, скорочення трудових і матеріальних витрат на його реалізацію, зменшення шкідливих впливів на навколишнє середовище. Вихідною інформацією для проектування технологічних процесів є: робочі креслення деталей, технічні вимоги, які регламентують точність, параметри шорсткості поверхонь та інші вимоги якості. Організацію виробництва визначає річний обсяг випуску виробів, який в даній роботі становить 743 штуки.

При проектуванні нових виробництв в основі технологічних розробок повинні знаходитися не тільки прогресивний технологічний процес, але і техніко-економічне обґрунтування, яке підтверджує вигідність застосування нового високопродуктивного обладнання, складних і дорогих засобів технологічного оснащення. На діючих заводах необхідно враховувати наявне обладнання, однак це не повинно робити вирішального впливу на розроблювальний технологічний процес, якщо умови виробництва забезпечують

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

перевірені у виробничих умовах, діюча нормативно-технічна документація і стандарти системи ЕСКД і ЕСТД.

1.2 Характеристика об'єктів виробництва

Основними вихідними даними для технологічного проектування є конструкторські документи у вигляді робочих креслень. Основний

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

загальний вигляд якого зображений на Рисунку 1.

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

складаються в високих вимогах до точності геометричної форми, розмірів і відносного положення базових поверхонь [1, с.228]. Основними конструкторськими базами деталі є площина роз'єму для приєднання до корпусу кришки шпильками М12 і два отвори діаметром 10Н7 для базування двох

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

також деталей зварювально-литих конструкцій з великим об'ємом зварювання. Сталь 15Л не чутлива до перегріву, деталі можуть працювати до 450 °С під тиском. Хімічний склад стали в процентах наведено в таблиці 1.1.

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

Заготовки для корпусних деталей отримують литтям і зварюванням. Для даної деталі застосовуємо метод лиття в піщані форми, яка застосовується для виготовлення великогабаритних виливків. У піщаних формах можна отримати виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тонн.

Отримувані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Лиття в піщані форми вимагають невеликих затрат металу.

Після відливання необхідно вжити всіх заходів для зменшення деформацій за рахунок нерівномірного охолодження, усадки, особливо, якщо деталь має направляючі отвори для установки валів, осей, тощо. Дуже часто заготовки корпусних деталей після виготовлення піддають термообробці для зняття внутрішніх напружень, стабілізації розмірів, поліпшення структури і оброблюваності різанням.

Умови термічної обробки заготовки наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Вид розслідування	Територія	Особистісні дані	
Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.)

сіх
юї
ну
її
а 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 узагальнення, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Деталь має складну просторову форму. Беручи до уваги, що «Корпус» є основною корпусних деталлю вугледобувного підземного комбайна, вважаємо неможливим при якісному аналізі технологічності конструкції, припускати зміни геометричної форми, розташування або вимог до шорсткості робочих поверхонь, оскільки вони визначають працездатність вузла в цілому.

Деталь «Корпус» виготовляється з ливарної сталі, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішньої поверхні не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Матеріал повністю відповідає умовам експлуатації і вимогам по міцності, зносостійкості, поверхневим деформаціям і т.д.

Конструкція деталі забезпечує достатню жорсткість при механічній обробці на металорізальному обладнанні. З точки зору забезпечення заданої точності і шорсткості поверхні деталі не представляють складності.

Деталь має наскрізні й глухі отвори. Допускається обробка, як осьовим інструментом, так і розточування.

Конструкція деталі має поверхні правильної геометричної форми, які можуть служити як чорновими, так і чистовими технологічними базами. На операціях механічних обробок як технологічних баз можуть бути використані одні й ті ж поверхні, що дозволить виконати вимогу постійності баз, що гарантують виконання вимог до взаємного розташування поверхонь - перпендикулярності осей отворів, які не перетинають осі отворів і плоскості бічних поверхонь.

Всі різьбові поверхні деталі відносяться до грубого класу точності, більшість з яких - глухі. Для отримання даних отворів можна використовувати мітчики.

Нетехнологічними елементами конструкції можна вважати отвори діаметрами 24, 12, 9 мм, які розташовані під кутом 28° до торця деталі і мають поганий доступ до зони обробки. Тому при обробці отворів осьовими інструментами, інструмент може відводити в бік. Для кращого доступу до отворів передбачається використання подовженого інструменту, що ускладнює обробку.

б
п
а
о
ф

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

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э},$$

(1.1)

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

$Q_э$ - число типорозмірів конструктивних елементів;

Прикладами конструктивних елементів виробу є різьблення, кріплення, галтелі, фаски, проточки, отвори і т.п. Ознаки, за якими конструктивний елемент може вважатися уніфікованим встановлюється галузевої нормативно-технічною документацією. Аналізуючи вимоги робочого креслення, приходимо до висновку, що коефіцієнт уніфікації за лінійними розмірами, радіусів

ів

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

2)

3)

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.

2 Технологічний розділ

2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей

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

h

)

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

Ь
И
В
ї

Загальноприйнятим критерієм при розробці та аналізі технологічного процесу є така класифікаційна категорія, як тип виробництва. Попереднє визначення типу виробництва ґрунтується на взаємозв'язку між річною програмою випуску деталі і її масою. Виходячи з прийнятої річної виробничої програми випуску деталей і їх маси, приймаючи серійний тип виробництва. Одним з показників, що характеризують серійне виробництво, є величина партії деталей, одночасно що запускаються у виробництво. Вона визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (2.2)$$

де

а - періодичність запуску деталей у виробництво, днів. Для серійного виробництва приймаємо, що запас деталей на складі забезпечує роботу складального цеху на шість днів;

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

И
Ъ

випуску, а також економічність виготовлення. Вибрати заготовку - значить встановити спосіб її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення. При виборі заготовки для знову проєктованого технологічного процесу розглянемо два способи отримання заготовки, які не викликають суттєвих змін в побудові і змісті процесу механічної обробки. У цьому випадку 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.

2.2.1 Обґрунтування способу отримання заготовки для виготовлення деталі «Корпус»

Раціональним методом отримання даної заготовки, при якій форма і розміри деталі були б максимально наближені до форми і розмірів заготовки, буде лиття. Спосіб отримання виливки призначаємо виходячи з маси, конфігурації деталі і орієнтуючись на серійний тип виробництва. В даному випадку можна застосувати як лиття в піщано-глинисті форми, так і спеціальні способи лиття.

Лиття в металевий кокіль забезпечує відносно високу точність розмірів (12 класитет), стабільність форми при високій продуктивності, і прийнятну вартість в разі не складної конфігурації і малих розмірах деталі в умовах серійного виробництва. Цей спосіб найбільшою мірою відповідає вимогам доцільності додаткових витрат на заготівлю при значній економії витрат на механічній обробці.

З огляду на габаритні розміри деталі і високі вимоги до точності і якості

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

класи розмірної точності і точності маси виливка.

Рекомендовані і прийняті значення норм точності при отриманні виливок з не термообробних чорних сплавів в піщано-глинисті форми з сумішею з

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

Ряд припусків призначається залежно від прийнятої ступеня точності поверхні. Вибираємо восьмий, з рекомендованого діапазону 8-11.

Величина припуску на механічну обробку призначається залежно від ряду припуску, загального допуску елемента поверхні і виду остаточної обробки (чорнова, напівчистова, чистова, тонка). Загальний допуск враховує спільне вплив допуску розміру від поверхні до бази і допусків форми і розташування поверхні. Він встановлюється за спеціальною таблицею після призначення

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

будь-яке розташування, в тому числі і одностороннє. Параметр шорсткості поверхонь виливки встановлюється за додатком Ж і становить Ra 63 мкм.

При проектуванні заготовки бралось до уваги, що форма деталі дозволяє уникнути ливарних ухилів, використовувати мінімальні радіуси заокруглень. З урахуванням цих рекомендацій і даних таблиці 2.2 виконаний робоче креслення виливки.

Таблиця 2.2

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

і дефектів поверхні	1,0	
---------------------	-----	--

Одним з показників технологічності конструкції заготовки є коефіцієнт ваговій точності, який визначається за формулою:

$$K_{\text{в.т.}} = \frac{G_{\text{д}}}{G_{\text{з}}}, \quad (2.3)$$

де $G_{\text{д}}$ - маса готової деталі;

$G_{\text{з}}$ - маса заготовки, що надходить з заготівельного цеху

Використовуючи дані робочого креслення виливки, визначаємо масу заготовки шляхом визначення обсягу і маси видаляється припуску,

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

Для визначення вартості виливки, застосуємо емпіричну формулу, яка приведена в [1. с. 31] і з високим ступенем достовірності може бути використана в технологічних розрахунках для оцінки вартості заготовок, одержуваних литтям в звичайні земляні форми і кокілі. литтям по виплавлюваних молелях. Вважаємо.

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

Таблиця 2.6

Вид поверхні,	Квалітет	Шорскість Ra,	Метод обробки
---------------	----------	---------------	---------------

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

Внутрішня	11	14,3	Зовнішня
-----------	----	------	----------

Слідуючи загальним правилом, на першій операції механічної обробки необхідно підготувати технологічні бази для подальшої обробки всіх взаємопов'язаних поверхонь. При цьому повинен дотримуватися принцип суміщення баз. Технологічною базою корпусу є площину підстави і чотири

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

ве
ну
ю-
за
ту,
рів
ня
ож

нарізування трубної різьби G 3/4-B, за програмою з чотирьох сторін за допомогою

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

власного розуму шляхом трітєрним маршрутом встановлення даних «сторін» наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

№ оп	Найменування операції	Короткий зміст операції	Модель версата
------	-----------------------	-------------------------	----------------

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

2.4 Розрахунок припусків і операційних розмірів механічної обробки

Припуски на механічну обробку в значній мірі впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску пов'язане зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як в разі виконання додаткових обдирні проходів, так і за рахунок зниження режимів різання в разі значної глибини різання. При цьому підвищується витрата ріжучого інструменту і загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Мінімальні припуски на механічну обробку визначаємо розрахунково-аналітичним методом, рекомендованим в довіднику [8]. При цьому, загальний припуск повинен бути узгоджений з припуском, призначеним при проектуванні заготовки з використанням відповідного нормативно-технічного документа. У разі перевищення розрахованого припуску над нормативним коригується розмір заготовки.

Припуски на основну масу оброблюваних поверхонь призначаємо статистичними (табличним) методом. В цьому випадку загальний припуск приймаємо рівним припуску, призначеного на заготовку, а припуски на обробку, наступну за чорновий за таблицями, наведеними в довідковій літературі. Розрахунок операційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку представлений в табличному вигляді.

Розрахунок припусків і операційних розмірів оброблюваних поверхонь

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

ми
им
ту
ли,
мо

іж
,8-
од
ня

рекомендується припуск 1,5 мм на діаметр [23. табл.6], Припуск на чорнове розточування визначається як різниця між загальним припуском на механічну обробку і сумою операційних припусків.

$$Z_{\text{растач.ч.}} = Z_{\text{обц.}} - Z_{\text{раст.ч.}} = 12,2 - 1,5 = 10,7 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Розрахунковий розмір для останнього переходу має дорівнювати максимальному розміру за кресленням (210,115 мм). Для наступного переходу він визначається шляхом вирахування призначеного припуску (208,615 мм). Отримані значення приймають в якості максимального операційного розміру після округлення з урахуванням значущих цифр технологічного допуску. Мінімальні операційні розміри відрізняються від максимальних на величину технологічного допуску, що призначається по якості (при обробці чавуну

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

С
З
З
Ф
Ф
С

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

Т
технологічному і метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, визначальними послідовність операцій і їх призначення, є технологічні маршрути виготовлення деталей, наведені в таблицях 2.8 і 2.9. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів, які наведені в таблицях 2.10 - 2.12.

2.5.2 Виготовлення деталі «Корпус» здійснюється за три технологічні операції, з них дві операції - механічної обробки. Докладний розрахунок режимів різання і технічної норми часу представлений для операції №05. Результати детальної розробки інших операцій і дані для заповнення технологічної

доку
горн
ЗУТ
змін
повс
уста
точн
дозв

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

технологічних переходів, виконуваних послідовно. Заготівля встановлюється в спеціальному пристосуванні і базується по лівого торця і ребру деталі.

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

Рисунок 2 – Фрезерувальний станок з ЧПК HAAS VF-3YT

Най
Розм
Най
Хід
Діам
Кон
Опр
Діам
Дви
Діаг
Міс
Час
Чис.

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

Операція виконується послідовно на чотирьох позиціях поворот-ного столу. А саме:

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

- 8) Свердління чотирьох отворів діаметром $22 + 0,52$ мм;
- 9) Цекування чотирьох отворів на глибину 1 мм діаметром $65 + 0,7$ мм;
- 10) Свердління восьми отворів на глибину $47 + 3$ мм під різьбу M12-7H;
- 11) Зенкування восьми фасок $3 \times 45^\circ$;
- 12) Нарізування різьби M12-7H в восьми отворах:

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

$K_{s_{ZR}}$ - коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні;

$K_{s_{zr}}$ - коефіцієнт що враховує форму оброблюваної поверхні

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

ет

ix

.7)

K_{vC} - коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

K_{vM} - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vH} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{vФ}$ - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{vП}$ - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vB} - коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини
фрезерування до нормативної;

K_{vO} - коефіцієнт, що враховує умови обробки

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.

~ ~ ~ ~ ~

1 - кількість проходів, шт.

Результати розрахунку режимів різання для всіх інструментальних переходів даної операції наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

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

11	3,0	83,73	4	773	52	8	0,66	0,15
12	-	2	36	289	14,5	8	0,72	0,15
13	-	2	36	289	14,5	8	0,72	0,15
14	4,0	132	14	1100	27,64	2	0,28	0,15
15	0,48	1200	14	3000	129,5	1	0,02	0,15
16	4,5	132	9	1100	27,64	4	0,4	0,15

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

формулою:

$$T_{ш} = (T_o + T_e) \cdot \left[1 + \frac{(a_{обс} + a_{отл})}{100} \right], \quad (2.20)$$

Де, T_o - основний (машинне) час, хв;

T_e - допоміжний час, що складається з часу на установку і зняття деталі, часу, пов'язаного з переходом, часу на вимірювання, зміну інструменту і зміна режимів різання, хв;

$a_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, % від оперативного;

$a_{отл}$ - час на відпочинок і особисті потреби, % від оперативного

Особливістю нормування операцій механічної обробки на стан-ках з ЧПУ є те що основний час і час, пов'язане з переходом, складають єдину величину T_a - час автоматичної роботи верстата по про-грамі, яке включає по суті як основне, так і допоміжне час. Це видно з формули:

$$T_a = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{bi}} + T_{вха} + T_{осм}, \quad (2.21)$$

де L_i - довжина шляху, прохідна інструментом або деталлю в напрямку подачі при обробці і-го технологічного ділянки, мм;

S_{mi} - хвилинна подача на і-тому технологічному ділянці, мм / хв;

n - число технологічних ділянок;

$T_{\text{вха}}$ - час на виконання автоматичних допоміжних ходів, хв;

$T_{\text{ост}}$ - час технологічних пауз, хв

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.

Допоміжний час на установку і зняття заготовки враховує установку на палець в спеціальному пристосуванні, закріплення двома гвинтовими зажимами і очистку пристосування від стружки стисненим повітрям.

Таблиця 2.14

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

		фаска 1,6 мм кутом 45°	0,03x6
		фаска 3 мм кутом 45°	0,03x8
		контроль різьбовими калібрами	
		12 отв. M12-7H	0,16x2
		4 отв. M10-7H	0,06x8
		2 отв. G ¾ - B	0,4x2

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

	ий нт
1. Фрезеру ОСНОВИ	5
1. Фрезеру роз'єму	5
2. Фрезеру начорно	5
3. Фрезеру начисто	5
4. Центрун	0
5. Свердли	0
6. Цековал 2 мм	0
7. Центрун	0
8. Свердли $\varnothing 22^{+0,52}$	0
9. Цековал глибину 1	0
10. Свердл глибину 4'	0
11. Зенкув	0
12. Наріза восьми оті	5
13. Наріза глибину 3'	5
14. Свердл мм на глиб	0

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

6. Р
Ø18

7. Ф
ММ

8. С

9. П
Ø3

10. Г
ГЛИБ

11. С

12. С

1. Ф
2,6 М

2. Р
Ø24

3. Р
Ø20

4. Ф
ММ

5. Р
Ø18

6. Ф
ММ

7. С

8. С

9. Н

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

IAS

IAS

IAS

IAS

3 Спеціальний розділ

3.1 Обладнання для обробки заготовки та візуалізація в програмі Autodesk PowerMill Ultimate 2019

3.1.1 Переваги та необхідність САМ-системи PowerMill

САМ-систему PowerMill успішно використовують уже тисячі компаній по всьому світу, які потребують високоефективному вирішенні для багатовісної обробки, що відповідає зростаючим вимогам їх виробництва. PowerMill дозволяє з мінімумом трудовитрат і з першого разу створювати надійні керуючі програми для високопродуктивної багато осьової механічної обробки.

PowerMill автоматично розпізнає в 3D-моделі всі плоскі поверхні і застосовує для їх фрезерування найбільш ефективні стратегії чорнової обробки, що дозволяють оптимізувати загальну продуктивність. Крім того, весь 2D-функціонал підтримується і для позиційної (3 + 2) обробки.

Сімейство програм компанії Autodesk охоплює всі етапи виробничого циклу. Воно поєднує в собі функціональність з новітніми технологіями в області користувальницького інтерфейсу. В результаті отримуємо різке скорочення етапу проектування і підготовки виробництва. Кожен продукт Delcam сфокусований на специфічному аспекті конструювання, виробництва і контролю складних виробів та є найоптимальнішим рішенням в своїй галузі застосування.

PowerMILL - є основним пакетом в програмній лінійці Autodesk. Призначений для розробки керуючих програм для 3-осьових і багатоосьових фрезерних верстатів з ЧПУ.

Обробка формотворним оснащенням - ливарні форми для металу і пластмас, модельна оснастка, штампи та інше - як і раніше найсильніша сторона PowerMILL. Тут важлива якість поверхні і відсутність врізів. Оптимізація програм і сучасні стратегії обробки, де не витрачається час на холості ходи, дозволяють скоротити час обробки в порівнянні з традиційними підходами до програмування в інших системах.

Сучасний високошвидкісний верстат з ЧПУ вимагає іншого підходу до програмування обробки. Перехід від традиційного силового різання до високошвидкісного не тільки збільшує продуктивність і якість обробки, але і продовжує термін служби верстата і інструменту. PowerMILL була однією з перших систем запропонували новий підхід до програмування обробки. В даний час функціонал в даній області значно покращився і розширився, на додаток до наявних функцій високошвидкісного фрезерування додалося так зване вихровий фрезерування (Vortex технологія), а також запатентована технологія DNA, яка дозволяє на основі Мікротест визначити оптимальні технічні можливості верстата з обробки.

Довгі роки багатоосьова обробка застосовувалася в аерокосмічній промисловості внаслідок обробки специфічних форм деталей і дорожнечі верстатного устаткування, проте останнім часом цей вид обробки став застосовуватися і в інших областях, наприклад в інструментальному виробництві, що дозволило виключити створення додаткових пристосувань, а також ерозійну обробку при великих вертикальних стінках. Багатоосьова обробка передбачає одночасний рух верстата по більш ніж 3 осі, що висуває додаткові вимоги до безпеки траєкторії. PowerMILL володіє численними функціями для створення багатоосьових траєкторій, відмітними з них є: автопредотвращення зіткнень, згладжування нахилу фрези, ручне редагування осі нахилу фрези і т.д.

Останні розробки Delcam, виконані спільно з виробниками авіаційних двигунів і закладені в новий модуль з обробки лопаток вивели PowerMILL в лідери в цій галузі. До появи даного модуля користувачеві доводилося програмувати вироби в ручному режимі: підбирати потрібну стратегію, будувати допоміжні поверхні, що займало кілька годин роботи. Новий модуль забезпечує простоту і зручність в роботі, тому що створені спеціальні стратегії, де користувачеві досить зробити вибір даних по CAD моделі і призначити необхідні параметри обробки.

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

істемі

rMill:

3.1.3 Обладнання для свердління і візуалізація у PowerMill

За допомогою PowerMill дуже легко виконувати свердління отворів, так як САМ-система автоматично визначає їх діаметр, глибину і орієнтацію. PowerMill ідеально підходить для обробки отворів великого діаметра, дозволяючи замість свердління виконувати фрезерування отворів по спіралі. Наявні методи свердління дозволяють стандартизувати і автоматизувати обробку отворів. Підтримуються верстатні цикли. Поєднання широкого спектру інноваційних технологій забезпечує швидку високоякісну обробку за рахунок стабільної навантаження на інструмент і плавних траєкторій фрези, що дозволяє досягти високої фактичної швидкості подачі.

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



Рисунок 6 - Свердло для розсвердлювання

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.**



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

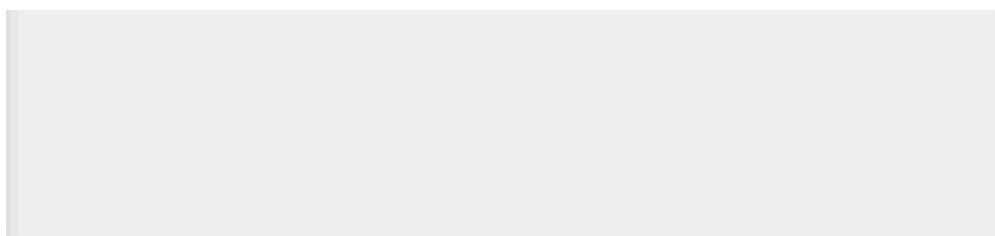


Рисунок 12 - Патрон



Рисунок

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

4 Науково-дослідницький

Моделювання контролю виміру розмірів та запис управляючого коду для верстата з ЧПК у програмі Autodesk PowerInspect

Моделювання контролів розмірів обрано декілька поверхонь деталі «Корпус», дві з яких являються найточнішими поверхнями деталі, а саме отвори

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



Рис.4.1 3D-модель деталі «Корпус»

Для порівняння отриманих результатів проводилося дослідження на готовій деталі та заготовки. Також відповідно необхідно мати 3D моделі, по яким и проводиться контроль розмірів поверхонь. Програмуючи програму Autodesk

ід
ж
пз
та

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.

Наступним кроком являється дослідження округлості поверхні $\text{Ø}15^{+0,018}$ на глибині 1 мм для визначення діаметру та його центру (рис.4.7).

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

Наступним кроком являється дослідження округлості поверхні $\text{Ø}18^{+0,018}$ на глибині 1 мм для визначення діаметру та його центру (рис.4.8).

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

на рисунку 4.9 наведено моделювання дослідження циліндричності та

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.

Рисунок 4.8 - контроль циліндричності поверхні $\varnothing 15$ мм деталі «корпус»

Останнім кроком в моделюванні це експеримент по дослідженню трьох різних точок - трьох різних поверхонь відповідно, однією траєкторією для встановлення графіку контролю групи. На рисунку 4. 9 зображено відповідне моделювання цих поверхонь.

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

Одним з головних переваг використання програми Autodesk PowerInspect це запропонування користувачам звіту по симульованим поверхням деталі, з відповідно належними даними о координатах поверхні та отриманими результатами допусків відповідно. Також наявна функція дослідження та виявлення можливих помилок у отриманих поверхонь, що дозволяє своєчасно відреагувати. На рисунку 4.10 зображено саме такий звіт, отриманий від запису проаналізованих поверхонь деталі.



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.**

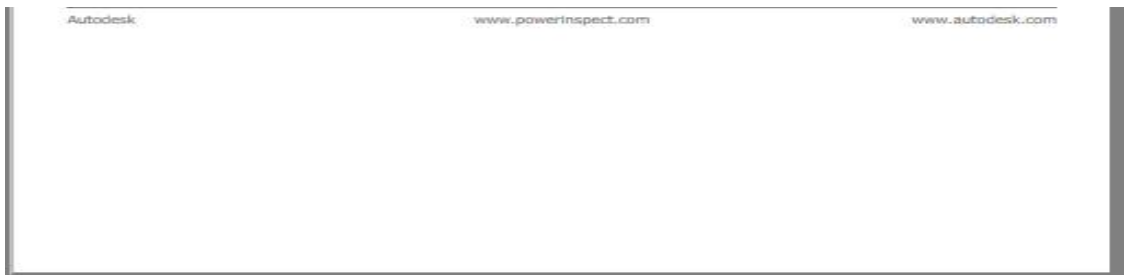
становить можливість збереженню G коду керуючої програми для систем верстат різних компаній виробників. Даний файл можливо відкрити програмою Word, що відповідно надає можливість редагуванню та добавленню необхідних команд. Але якщо наявний верстат не знаходиться в дному списку, є можливість збереженню в універсальному форматі. На рисунку 4.11 зображено саме такий код керуючої програми для верстата.

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

Рисунок 4.11 - Код керуючої програми деталі «Корпус»



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.

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

Рисунок 4.10 - Код керуючої програми заготовки «корпус»

Графічна частина дослідження наглядно продемонструвала різницю у відхиленнях між готовим виробом та заготовкою. Також в звіті продемонстровані дані про отримані координати точок та аналіз наявності помилок у контролі поверхонь заготовки, яких не має.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В якості загальних висновків, можна сказати наступне - у програмі Delcam PowerMill Ultimatr 2019 мається значна кількість стратегій та траєкторій для чорнкової і чистової обробки поверхонь деталі. Значна кількість варіантів траєкторій чистової обробки деталі і варіативність програмування підводів, відводів, переходів і підйому ріжучого інструменту призводить до значного скорочення часу на розрахунок траєкторії на ПК та машинного часу на обробку деталі. В результаті раціоналізації обробки значно скорочено машинний час, а як наслідок, і кількість переміщень та підйомів робочих вузлів верстата, що відображається на ресурсі самого верстата та стійкості ріжучого інструменту в цілому.

Щодо науково-дослідницького розділу можна сказати що імітаційно-статистичне моделювання при аналізі перехідної посадки надає досліднику значно більше можливостей у порівнянні з методом, що оснований на використанні табульованої інтегральної функції ймовірності, окрім цього цей спосіб дещо простіший, та потребує менше часу

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

5. Гейчук, В. М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor. Частина I [Електронний ресурс] : навчальний 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 «ГД 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. Дербабя, 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> .
17. Derbaba V.A. Evaluation of the adequacy of the statistical simulation modeling method while investigating the components presorting processes / V.A. Derbaba, V.V. Zil, S.T. Patsera // Scientific bulletin of National Mining University Dnipropetrovsk.. – 2014. – № 5 (143). – P. 45-50.