

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 Тройніна Артема Едуардовича
академічної групи 131М-21Н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методами моделювання у CAD-CAM-системах
технологічного процесу механічної обробки деталі складної геометрії»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від

_____ р. за № _____

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Дербаба В.А.			
розділів:				
Аналітичний	Дербаба В.А.			
Технологічний	Дербаба В.А.			
Спеціальний	Дербаба В.А.			
Науково-	Дербаба В.А.			

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 17.07.2023р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
й машинобудування та матеріалознавства

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

«___» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Тройніну Артему Едуардовичу

академічної групи 131М-21Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методами моделювання у CAD-CAM-системах технологічного процесу механічної обробки деталі складної геометрії»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від

_____ р. за № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності конструкції деталі	
Технологічний	Розробка та обґрунтування маршруту обробки деталі Вибір технологічного обладнання	
Спеціальний	Проектування верстатного пристосування	
Науково-дослідницький	Дослідження траєкторій механічної обробки деталі «Ланка» в середовищі PowerMill i SolidWORKS	

Завдання видано _____

Дербаба В.А.

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____

Тройнін А.Е.

Зміст

Вступ.....	5
1. Аналітичний розділ.....	8
1.1. Технічна характеристика об'єкту виробництва деталі «Ланка».....	8
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі «Ланка».....	10
2. Технологічний розділ.....	11
2.1. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі «Ланка».....	11
2.2. Визначення методів обробки поверхонь деталей «Ланка».....	13
2.3. Розробка та обґрунтування маршруту виготовлення деталі «Ланка».....	15
2.4. Розрахунок припусків та операційних розмірів деталі «Ланка».....	16
2.5. Детальна розробка маршруту обробки деталі «Ланка».....	18
3. Спеціальний розділ.....	28
3.1. Проектування верстатного пристосування.....	28
3.2. Проектування спеціального контрольного пристрою.....	30
4. Науково-дослідницький розділ.....	31
4.1. Дослідження траєкторій механічної обробки деталі «Ланка» в середовищі PowerMill і SolidWORKS//.....	31
Висновки.....	38
Література.....	39
Додаток 1. Технологічний процес механічної обробки деталі «Ланка».....	42
Додаток 2. Специфікація верстатного пристосування	
Додаток А	
Додаток Б	

Вступ

Технічний прогрес здійснюється не тільки на основі застосування нових

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

ндр - підйомник призначений для зчирання і випуску ноги шасі. Замок прибраного положення забезпечує фіксацію ноги шасі в прибраному положенні і виключає довільний вихід ноги з цього положення.

1. Аналітичний розділ

1.1. Технічна характеристика об'єкту виробництва деталі «Ланка»

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Високі міцнісні властивості середньо легованих сталей ($\sigma_{\text{в}} = 600\text{-}2000 \text{ МН / м}^2$) досягаються за рахунок підвищених змістів вуглецю і легуючих елементів, що збільшують проколюваність сталі і міцність фериту, а також застосування термообробки - нормалізації або гарту з подальшим низьким або високим відпусткою. Більшість середньо легованих сталей для зварних конструкцій відноситься до перлітного класу. Застосовують і високоміцні сталі з тимчасовим опором до 1700 МН / м^2 (170 кгс / мм^2), що піддаються загартуванню на мартенсит з подальшим низьким відпусткою при $423\text{-}573 \text{ К}$ ($150\text{-}300 \text{ ° C}$), наприклад. Висока міцність середньо легованих сталей поєднується з підвищеними спеціальними властивостями при

достатньому рівні пластичності і стійкості проти крихкого руйнування. Це поєднання властивостей середньо легованих конструкційних і теплостійких сталей обумовлює застосування їх в конструкціях особливо відповідального призначення, що працюють у важких умовах в енергомашинобудування, важкому і хімічному машинобудуванні, літакобудуванні, суднобудуванні та інших галузях промисловості.

Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1.1.

Таблиця 1.1.1

у відсотках

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Склад робіт по забезпеченню технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. 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 оброблення, коли конструкторські документи вже затверджені і не підлягають заради-Кальний 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 задоволення вимог до технологічності конструкції.

Застосований матеріал забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має гарні технологічними характеристиками як при обробці тиском, так і різанням.

2. Технологічний розділ

2.1. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати призначення і конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб економічність виготовлення. Вибрати заготовку - значить встановити спосіб її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення.

Однак, з огляду на значні виступи і перепади зовнішньої поверхні і допоміжних поверхонь, а також умови роботи деталі і необхідність об'ємної гарту приймаємо, що заготівлю буде сталева штампована поковка, отримана гарячої об'ємним штампуванням на кривошипних горячештамповочних пресах. У цьому випад-

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

ри заготовки і визначили їх параметри наведені в таблиці 2,1,1

Таблиця 2,1,1

Розмір оброблюваної поверхні, мм	Параметр шорсткості Ra, мкм	Основний припуск на бік, мм	Додатковий припуск, мм	Загальний припуск на бік, мм		Виконавчий розмір заготовки, мм
Зовнішні поверхні						
69	3.2	2,5	0,5	2,5	z ₁	71,5 ^{+0,9} _{-0,6}
58	3.2	2,5	0,5	2,5	z ₂	60,5 ^{+0,9} _{-0,6}
26	3.2	2,5	0,5	2,5	z ₃	28,5 ^{+0,5} _{-0,3}
58	3,2	2,5	0,5	2,5	z ₄	60,5 ^{+0,9} _{-0,6}
Радіусні поверхні						
R3	3.2	2,0	0,5	2,5	Z ₆	3 ^{+2,0} _{-1,0}
R10	3.2	2,0	0,5	2,5	Z ₇	10 ^{+3,0} _{-2,0}

R4	3.2	2,0	0,5	2,5	Z ₈	4 ^{+2,0} _{-1,0}
R4	3.2	2,0	0,5	2,5	Z ₉	4 ^{+2,0} _{-1,0}

2.2 Визначення методів обробки поверхонь деталей

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Торцеві 27 ^{+0,2} ; 19 _{-0,5} ;	-	3,2	Фрезерування чернове Фрезерування чистове
Торцеві 64±0,5; 64±0,5;	-	3,2	Фрезерування чернове Фрезерування чистове
Торцеві 9±0,5;	-	3,2	Фрезерування чернове Фрезерування чистове

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Внутрішні 2 отв. $\varnothing 17^{+0.045}$;	7	1,6	Зенкування
Внутрішні 2 отв. $\varnothing 17^{+0.045}$;	7	1,6	Розгорткування

2.3 Розробка та обґрунтування маршруту виготовлення деталі. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

При розробці маршрутної технології виготовлення деталі орієнтуємося на типовий технологічний маршрут виготовлення середніх валів в умовах серійного виробництва.

Кількість технологічних операцій, їх концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітета розмі-

ру, параметра шорсткості і умов оброблюваності конструкційних сталей. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення, наведені в таблиці .

Відповідно до типового маршруту виготовлення деталей при механічній обробці, на першій операції необхідно підготувати технологічні бази для подальшої обробки. Технологічними базами при обробці деталі «Ланка нижня» будуть три торцеві поверхні. Мінімальну трудомісткість операції при високій концентрації й продуктивності, а також незначних витратах на переналагодження, забезпечить використання високопродуктивного обробного центра з одночасним керуванням по 5 осях, його використання доцільне, так як дана деталь має складну просторову форму, що дозволить обробити всі поверхні за дві операції .

Деталь встановлюється на спеціальне пристосування на підготовлені технологічні бази. Далі слідує наступна операція на якій обробляються всі поверхні які підлягаю механічній обробці згідно робочого креслення.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 17.07.2023р.

		округлення кромки 0,2..0,4мм	
40	Контрольна	Контроль пункту 1.4 ТТИ	Стіл БТК
45	Термообробка	Закалка	Піч
50	Програмна	Шліфування бокових поверхонь.	6Н82
55	Програмна	Фрезерування передньої та задньої виїмки.	6Н82
60	Програмна	Фрезерування верхньої провусини	6Р82Г
65	Програмна	Фрезерування поверхонь.	6Р82Г
70	Програмна	Свердлування двох отворів $\varnothing 5,5^{+0,3}$	2Н118
75	Програмна	Розточування та розгортання отворів	

2.4 Розрахунок припусків та операційних розмірів деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Свердлування		8,05	150	8	8,3		
Розгортання	0,15	9,15	75	9	4,15	0,45	1

Використовуючи довідкову літературу [11] призначаємо операційні припуски на всі переходи МОП за винятком чорнового. Так, припуск на чистове фрезерування призначаємо по таблиці 13. Припуск на чорнове фрезерування визначається як різниця між загальним припуском на механічну обробку (в даному випадку 1 мм) і сумою операційних припусків. Дані заносимо в колонку 2 таблиці 2.3.2.

$$Z_{\text{черн}} = Z_{\text{общ}} + Z_{\text{чист}} = 9,5 + 0,8 = 10,3 \text{ мм}$$

Технологічні допуски для кожного переходу МОП призначаються з урахуванням економічної точності обробки (чорнове розточування -12 квалітет, чистове розточування - 9 квалітет), вимог креслення та вимог нормативно-технічного документа на заготовку і заносяться в колонку 4 таблиці 5.1.

У колонці 3 таблиця 2.3.2 визначають розрахунковий розмір для кожного переходу МОП, починаючи з останнього, шляхом послідовного віднімання припуску від максимального розміру поверхні за кресленням і приймають після округлення за максимальний операційний розмір що заноситься в колонку 6. Максимальні операційні розміри відрізняються від мінімальних на величину технологічного допуску (колонка 5).

Граничні припуски для кожного переходу МОП визначаються шляхом віднімання граничних розмірів на двох сусідніх переходах і заносяться в колонки 7 або 8, в залежності від отриманих значень.

2.5 Детальна розробка маршруту обробки деталі

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розроблення технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічному і метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, визначальними послідовність операцій і їх призначення, є технологічний маршрут, наведений в таблиці 4.2.1 Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку між операційних припусків і розмірів, які

наведені в таблиці 5.1.

Виготовлення деталі "Вал-шестерня» передбачає 5 технологічних операцій механічної обробки (див. Табл.4.2.1). Розрахунок режимів різання виконаємо для фрезерно-центрувальної і зубофрезерних операцій. Детальна розробка всіх операцій механічної обробки приведена в технологічній послідовності їх виконання.

Результати наведені в зведеній таблиці 6.1

Операція 020, Фрезерно-центрувальна

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 17.07.2023р.

На четвертому технологічному переході фрезеруються бокові поверхні верхнього виступу. Використовується твёрдосплавна сферична двухзаходна фреза для верстатів з ЧПК діаметром 10 мм. Інструмент встановлюється на оправці

K2.478.000

На п'ятому технологічному переході фрезеруються чотири радіуса R5. Використовується твердосплавна сферична двухзаходна фреза для верстатів з ЧПК діаметром 10 мм. Інструмент встановлюється на оправці K2.478.000

Як мастильно-охолоджувальної рідини використовується 3-5% СОЖ АКВОЛ-11.

Призначення режимів різання виконуємо за методикою, наведеною в джерелі [9]. Матричне значення подачі при фрезеруванні торцевими фрезами вуглецевих сталей приймається 0,1 мм / зуб. Глибина різання приймається рівною номінальному припуску на обробку торців з урахуванням допуску на заготівлю - 6.5 мм (див. Табл.3.2) Ширина фрезерування визначається розміром поперечного перерізу нижнього паралелепіпеда заготовки і становить 60 мм. Матричне значення подачі уточнюється в залежності від ступеня жорсткості технологічної схеми і мінливих обставин обробки по формулі:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{S_Z} = S_{ZT} \cdot K_{S_{Zc}} \cdot K_{S_{Zи}} \cdot K_{S_{ZR}} \cdot K_{S_{Zф}} = 0,1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,03 \text{ мм/зуб}, \quad (6.1)$$

где S_{ZT} - матричное значение, мм/зуб;

$K_{S_{Zc}}$ - коэффициент, учитывающий технологические условия обработки (по таблице 108 с.299-301 устанавливается шифр типовой схемы обработки (IV), затем по таблице 109 - коэффициент $K_{S_{Zc}}=0,6$);

$K_{S_{Zи}}$ - коэффициент, учитывающий материал фрезы (табл.114 с.305);

$K_{S_{ZR}}$ - коэффициент, учитывающий шероховатость обработанной поверхности;

$K_{S_{Zф}}$ - коэффициент, учитывающий вид обрабатываемой поверхности.

Визначаємо матричне значення швидкості різання (V_T) в залежності від діаметра фрези, глибини фрезерування і уточнене значення подачі (S_Z). $V_T = 175 \text{ м / хв.}$

Табличне значення швидкості різання уточнюється в залежності від ступеня жорсткості технологічної схеми і мінливих обставин обробки по формулі:

$$V = V_T \cdot K_V = V_T \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vи} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vф} \cdot K_{VB} = 180 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 1 = 75,4 \text{ м/мин}$$

где V_T – матричное значение скорости;

K_{Vc} - коэффициент, учитывающий технологические условия обработки (по таб-

лице 108 с.299-301 устанавливается шифр типовой схемы обработки, затем по таблице 109 - коэффициент $K_{Vc}=0,7$;

K_{Vm} - коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала (1,0);

K_{Vi} - коэффициент, учитывающий материал инструмента (1,0);

K_{Vn} - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности (0,8);

K_{Vo} - коэффициент, учитывающий условия обработки (1,2);

$K_{Vф}$ - коэффициент, учитывающий главный угол в плане (0,7);

K_{VB} - коэффициент, учитывающий отношение фактической ширины фрезерования к нормативной (1,0);

Рассчитываем частоту вращения фрезы (n), обеспечивающую необходимую скорость резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 75,4}{3,14 \cdot 28} = 4000 \text{ об/мин}, \quad (6.3)$$

где V – рекомендуемая скорость резания;

D_{ϕ} – диаметр фрезы, мм.

Розрахункове значення n порівнюється з паспортними даними верстата. Для подальших розрахунків приймається найближче менше значення з ряду частот обертання шпинделя. 4000 об / хв. Тоді розрахункова подача для фрези складе 540 мм / хв і буде забезпечена за рахунок бесступенчатого регулювання. Визначаємо основний час на виконання переходу за формулою:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{мин}} = \frac{l + l_1 + l_2}{S_{мин}} = \frac{60 + 1,5 + 0,5}{540} = 0,12 \text{ (мин)} \quad (6.4)$$

где l - длина обработки (65);

l_1 - врезание (1,5);

l_2 - перебег (0,5);

На другому технологічному переході виконується фрезерування 4 радіусів R5. Розрахунок режимів різання виконаний за методикою, наведеною в [9]. Результати розрахунку для всіх технологічних переходів даної операції наведені в таблиці

6.1. Таблиця 6.1

Переход	t, мм	S _T , мм/об	S _P , мм/об	V _T , м/мин	V _P , м/мин	n, об/мин	S _{Ст} , мм/мин	L _{рх} , мм	T _о , мин
---------	----------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------	-----------------------------	-------------------------	-------------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

4	6,75	555 мм/хв	75,55	4060	0,30
5	7	560 мм/хв	75,6	4080	0,26
6	7,25	565 мм/хв	75,65	4100	0,40
7	7,5	570 мм/хв	75,7	4120	0,46
8	7,75	575 мм/хв	75,75	4140	0,38
9	2	0,2	25	2000	0,50
10	2,12	0,3	32	2100	0,32

11	2,24	0,4	39	2200	0,21
12	2,36	0,5	46	2300	0,66
13	2,48	0,6	53	2400	0,41
14	2,6	0,7	60	2500	0,55
15	2,72	0,8	67	2600	0,40
16	2,84	0,9	74	2700	0,66

Операція 025 Фрезерна					
Модель верстата	пристосування	T _o	T _в	T _{пз}	T _{шк}
		XB	XB	XB	XB

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Характеристика переходу					
Перехід	t, мм	S, об/ хв	V, м/ хв	n, об/ хв	T ₀ , хв
1	6	540 мм/хв	75,4	4000	1,2
2	6,25	545 мм/хв	75,5	4020	1,9
3	6,5	550 мм/хв	75,6	4040	1,02

Операція 050 Шліфувальна					

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Операція 070 Сверлильна					
Модель верстата	пристосування	T_o	T_B	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв
6P82Г	Кондуктор – ВД 7363-7232	0,23	1,85	6,2	2,87
Характеристика переходів					
Перехід	t, мм	S, об/ хв	V, м/ хв	n, об/ хв	T_o , хв
1	1,76	0,1	11	1800	0,23
Операція 075 Координатно расточная					
Модель верстата	пристосування	T_o	T_B	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв	хв	хв	хв

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

3 Спеціальний розділ

3.1 Проектування верстатного пристосування

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

k_y – коефіцієнт ужесточения точности обработки;

w – среднее – экономическая точность чернового фрезерования .

Дійсна похибка пристосування

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2}$$

где ε_{δ} - погрешность базирования, мкм;

ε_3 – погрешность закрепления, мкм;

ε_n – погрешность установки.

Похибка базування дорівнює нулю, так як установча і вимірювальні бази суміщені.

Похибка закріплення приймаємо рівною 125 мкм (через відсутність достовірних розрахункових залежностей).

Похибка положення визначаємо за формулою:

$$\xi_n = \beta \cdot \sqrt{N} \cdot \cos \alpha = 0,5 \cdot \sqrt{1500} \cdot 1 = 19,36 \text{ мкм}$$

Похибка пристосування

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2} = \sqrt{0 + 19,36^2 + 125^2} = 126,5 \text{ мкм}$$

Следовательно, условие $\varepsilon \leq [\varepsilon]$ выполняется, т.к. $126,5 \leq 201$, выбранная схема базирования и закрепления заготовки и приспособления обеспечивает заданную точность обработки.

3.1.2. Розрахунок параметрів гідроциліндра

Окружна сила різання при фрезеруванні визначена в технологічному розділі.

$$P_z = 999 \text{ Н},$$

Необхідне зусилля затиску при застосуванні Г образного прихвата

$$P_3 = \frac{\kappa P_z}{f_1 + f_2} = 11988 \text{ Н},$$

где $\kappa = 3$, коефіцієнт запаса при фрезеровании;

$f_1 = 0,16$ – коефіцієнт трения в зоне контакта: деталь – опора;

$$f_2 = 0$$

В якості приводу затиску приймаємо гідроциліндр двосторонньої дії

Ø 50 мм (по типу 7021-0208)

Технічна характеристика гідроциліндра:

Діаметр поршня - 50мм,

Діаметр штока - 25 мм,

Хід поршня не більше - 32 мм.

Реалізована сила на штоку гідроциліндра при робочому тиску масла - 10 МПа:

штовхає - 79,93 кН;

тягне-61,348 кН.

Один гідроциліндр забезпечують зусилля затиску зі значним коефіцієнтом запаса.

3.2 Розрахунок вимірювального пристосування

Для перевірки отворів деталі зведено застосовуються робочі калібр - пробки, які контролюють діаметри 2 отв. 15H7, 18H8.

Контроль отворів корпусу проводиться таким чином. Спочатку проводиться контроль точності виконання \square 15H7. Далі в контрольовані отвори встановлюються калібр пробка таким чином, щоб обидві контролюючих частини калібру повністю увійшли в зіткнення з контрольованою поверхнею. У разі, якщо ця умова не можливо, оброблена поверхня визнається не придатною.

Визначаємо розміри робочих калібрів-пробок для отвори \square 15H7.

Допуск і граничні відхилення на контрольовані отвори визначаються по [14]: $IT = 0.030$ мкм, $ES = 33$ мкм, $EI = 0$. Отже, найбільший і найменший граничні розміри отвору будуть

$$D_{\max} = 15,03 \text{ мм}, D_{\min} = 15,00 \text{ мм}.$$

По [14] находим данные для расчета калибров: $Z = 4$, $Y = 3$, $\alpha = 0$, $H = 5$.

Наибольший размер новой пробки:

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2} = 15,000 + 0,004 + \frac{0,005}{2} = 15,0065 \text{ мм}.$$

Исполнительный размер калибра ПР 15,0065_{-0,005} мм.

Наименьший размер изношенного проходного калибра – пробки ПР:

$$PP_{\text{изн}} = D_{\min} - Y = 15,000 - 0,003 = 14,997 \text{ мм}.$$

Коли калібр ПР матиме цей розмір, його потрібно вилучити з експлуатації.

Наибольший размер непроходного калибра-пробки HE:

$$HE_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 15,030 + \frac{0,005}{2} = 15,0325 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір калібру HE 15,0325_{-0,005} мм.

4. Науково-дослідницький розділ

4.1 Дослідження траєкторій механічної обробки деталі «Ланка» в середовищі PowerMill і Solidworks

В даному розділі представлена фрезерна обробка деталі "Ланка" (мал.4.1) з ілюстрованими переходами і описом операцій. Як програма для реалізації обробки деталі була обрана PowerMill (компанії Autodesk) - пакет для підготовки високоефек-

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

мета даного розділу - показати приклад одного з можливих варіантів механічної обробки із застосуванням 4-х координатного верстата, а також підвищення ефективності та продуктивності при створенні керуючих програм для верстатів з ЧПК в умовах серійного виробництва. Основні переваги пакета PowerMill:

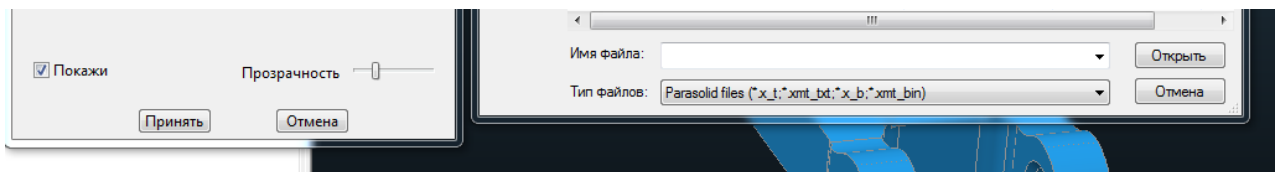
- Гнучкі стратегії чорнової і чистової обробки;
- Висока швидкість розрахунку керуючих програм;
- Автоматизована оптимізація подач для скорочення часу обробки;
- Інтегровані засоби візуалізації обробки;
- Перевірка і виключення врізів;
- Імпорт твердотільних, поверхневих і Фасетное моделей, а також каркасної геометрії в різних форматах: AutoCAD, STL, STEP, IGES, Parasolid;
- Автоматичне розпізнавання типових елементів (отвори, кишені, кишені і т.д.) і їх обробка;
- Закриття отворів і пазів для виключення їх обробки;
- Гнучкий механізм кордонів для обмеження зони обробки;
- Генерація карт налагодження для керуючих програм;
- Контроль зіткнень з урахуванням патрона, інструменту, органів верстата і управління.

Створення моделі і симуляція обробки деталі

На початку створюємо тривимірну твердотільну модель деталі і на підставі розрахованих припусків на механічну обробку створюємо заготовку за допомогою САD програми Solidworks. Тривимірна модель деталі (рис.4.2) служить не тільки для кращої візуалізації, але і по ній в кінцевому підсумку проводять порівняння після комп'ютерної обробки. Це дає можливість швидко перевірити місця де залишився припуск і де могли з'явитися зарізи. У свою чергу, це зменшує час витрачається на написання програми для ЧПК, а також.



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.



Мал.4.3 – Імпорт заготовки в PowerMill у форматі Parasolid (* .X_B).

Моделі заготовки (рис.16) необхідно експортувати в перехідній формат Parasolid (* .X_B). Моделі в цьому форматі потім можна імпортувати в PowerMill.

Вибір стратегії обробки і устаткування

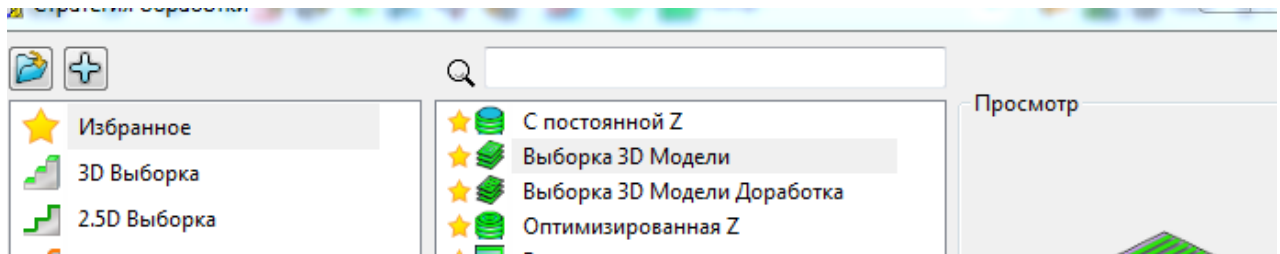
В основі вибору стратегії обробки варто розрахунок мінімального основного технологічного часу, тому що економічний ефект буде багато в чому визначатися саме часом обробці.

Проводимо фрезерну операцію (фрезкування нижньої поверхні). Як пристосування використовуємо станочні прижими. Це пристосування дає можливість вести

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

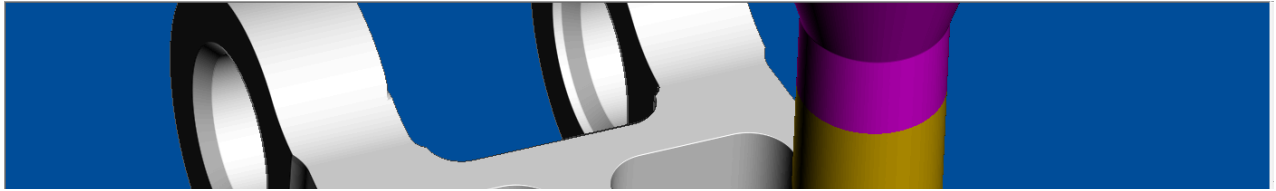
Закреть

Мал. 4.5 Вікно створення ріжучого інструменту PowerMill



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Мал. 4.7 – Рух фрези по траєкторії



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

підприємств дозволяють виключити на 70% можливість появи небажаного браку ще на стадії проектування і створення КП для верстатів, що в свою чергу, позитивно відбивається на економічній ефективності. Також варто додати, що застосування таких обробних центрів дозволяє скоротити значний верстатний парк, тобто відбувається комбінування можливостей різних моделей в одному верстаті.

ВИСНОВКИ

Після викладу розділів дипломного проекту зробимо висновки про виконану роботу в наступному:

- в аналітичному розділі проведено аналіз креслень конструкцій деталі ланка метою визначення якісної оцінки технологічності конструкцій та визначення коефіцієнта уніфікації деталей, що представляє собою кількісну оцінку технологічності конструкцій деталей;

- в технологічному розділі визначається тип виробництва і форма організації технологічного процесу виробництва деталі ланка, вибирається і економічно обґрунтовується спосіб отримання заготовок, розробляється маршрут обробки деталей, визначаються режими різання. У розробленому маршруті обробки деталей досягли вищої точності і зниження основного технологічного часу за рахунок раціональної послідовності обробки деталі хрестовина на верстаті з ЧПК;

- в конструкторському розділі спроектовано спеціальне верстатне пристосування, яке забезпечує мінімальне допоміжний час на установку, закріплення і зняття деталі після обробки; необхідну точність і жорсткість при закріпленні заготовки; безпечні умови обробки на верстаті. Також спроектовано спеціальний вимірювальний інструмент;

- в науково-дослідницькому розділі розрахована технологія раціональної фрезерної обробки складнопрофільної деталі в САМ-системі на верстаті з ЧПК. Надані практичні рекомендації щодо раціональної схеми обробки деталі з урахуванням корегованих режимних параметрів процесу різання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 8833:2019. Національний стандарт України виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=82147 .
2. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. ДСТУ (Державний Стандарт України).
3. Технічне креслення. Розробка робочих креслеників деталей за креслеником загального виду [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О.Г.Гетьман, Н.В. Білицька, Г.В. Баскова. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,474Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 150 с.
4. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання // Рекомендовано МОН України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів (Лист МОН України №1.4/18-Г-212), Київ, Політехніка, 2006, 190с.
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, 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 «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. Дербаб, 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> .