

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Технологія виготовлення деталі
"Кронштейн 01.025.002" з використанням верстатів з ЧПК»

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.20.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2
Шифр


Підпис

Нікіта СИТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Катерина СОКОЛАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «20» 06 2024

Хмельницький 2024

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 12.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2024	
2 Технологічний розділ	20.04.2024	
3 Конструкторський розділ	20.05.2024	
4 Охорона праці	10.06.2024	

Студент


Підпис

Нікіта СИТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Катерина СОКОЛАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ Технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи «Технологія виготовлення кронштейна 01.025.002 з використанням верстатів з ЧПК»

Автор Н.І. Ситюк

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Науковий керівник: К.С. Соколан

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Робота приймається до захисту
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

...UNICHECK – 8,29%.....

...Anti-Plagiarism v-15.257 – 7%.....

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Володимир МИЛЬКО

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Катерина СОКОЛАН

Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри
Віталію ТКАЧУКУ

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)
Нікіти СИТЮКА
ФІТА, гр. ПМТс-21-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом копії роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу копії роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія копії роботи збігається (ідентична) з друкованою.

25.06.24

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Ситюк Нікіта Ігорович на захист дипломного проєкту (роботи)


(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Кронштейн 01.025.002" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

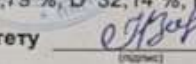
 ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(підпис) (ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Ситюк Н. І. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 23,08 %, добре 38,46 %, задовільно 38,46 %.

шкалою ЄКТС: А 16,07 %, В 1,79 %, С 26,79 %, D 32,14 %, Е 23,21 %.

Методист факультету

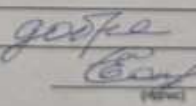
 (підпис) (ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Ситюк Нікіта Ігорович отримав завдання на дипломний проєкт часно, працював згідно графіка і поставленою задачею справився добре.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

 Ситюк Н. І.
(підпис) (ім'я, прізвище)

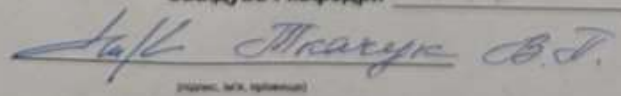
20 серпня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Ситюк Н. І. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТМ
(підпис)

 Масук В.І. 20 06 2024 р.
(підпис, ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблявся технологічний процес механічного оброблення деталі «кронштейн 01.025.002», матеріал деталі - сталь 45ХГЛ, ДСТУ 8781:2018.

В розрахунково-пояснювальній записці, наведено аналіз конструкції заданої деталі, аналіз, з метою виявлення недоліків, базового (заводського) технологічного процесу її виготовлення, технологічність та тип виробництва. Результатом аналізу став вдосконалений ТП механічного оброблення деталі «Кронштейн 01.025.002» із застосуванням сучасного металорізального обладнання з ЧПК.

За допомогою САМ – пакету Autodesk Fusion створено програму оброблення 5-ти осьовому оброблювальному центр AVIA X-5 1300/630.

В конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для встановлення заготовки під час фрезерування бобишки та контрольний пристрій для контролювання допуску перпендикулярності отвору $\varnothing 23H7$ відносно торця деталі.

В розділі «Охорона праці» наведені заходи, які слід проводити для безпеки оператора та стабільності роботи обладнання під час роботи 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК. Також було проведено оцінювання безпеки спроектованого технологічного процесу за методикою, викладеною у національному стандарті ДСТУ EN ISO 13849-1:2018, проведено ідентифікацію професійних ризиків та запропоновано методи та засоби зниження професійних ризиків.

Дипломний проект складається із розрахунково-пояснювальної записки на 56 сторінках друкованого тексту та 4-х листах формату А2 та 2-х листах формату А1 графічної частини.

Ключові слова: *деталь кронштейн, верстат з ЧПК, різальний інструмент, пристрій, технологічний процес.*

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ			
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата				
Розроб.		Ситюк Н.І.			Технологія виготовлення деталі Кронштейн 01.025.002 з використанням верстатів з ЧПК	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Соколан К.С.				н		
Н. контр.		Бись С.С.			ХНУ гр. ПМТс-21-2			
Затв.		Ткачук В.П.						

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

- 1.1 Аналіз об'єкта виробництва
- 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі
- 1.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

- 2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу
- 2.2 Вибір виду і обґрунтування методу отримання заготовки
- 2.3 Вибір технологічних баз
- 2.4 Розроблення технологічних операцій
- 2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку
- 2.6 Вибір режимів різання
- 2.7 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій
- 2.8 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

- 3.1 Проектування верстатного пристрою для оброблення деталі при фрезеруванні бобишки
- 3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

ОХОРОНА ПРАЦІ

- 4.1. Безпечність 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК
- 4.2 Оцінювання безпечності спроектованого технологічного процесу
- 4.3 Ідентифікація професійних ризиків
- 4.4 Методи та засоби зниження професійних ризиків

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ВСТУП

Інженерна підготовка у вищому навчальному закладі завершується виконанням та публічним захистом дипломного проєкту. Дипломне проєктування є найбільш активним етапом навчання. Воно дає змогу розширити й закріпити теоретичні знання та продемонструвати вміння самостійно ставити і розв'язувати задачі, оформляти і захищати результати своєї роботи.

Дипломний проєкт є випускною кваліфікаційною роботою студента, за результатами захисту якої Державна атестаційна комісія вирішує питання про присвоєння випускнику кваліфікації дипломованого спеціаліста.

У кожному дипломному проєкті має бути вирішено комплекс взаємопов'язаних конструкторських та технологічних завдань. Тематика даного дипломного проєкту створює можливість реального проєктування технологічного процесу механічного оброблення заданої деталі шляхом розв'язанням актуальних практичних завдань з можливістю впровадження матеріалів проєкту у виробництво.

Тема дипломного проєкту орієнтована на створення нового, сучасного технологічного процесу із застосуванням автоматизованих верстатів, верстатних модулів, верстатних систем, прогресивного різального інструменту.

За сучасного підходу до дипломного проєктування, підготовка до дипломного проєктування починається задовго до переддипломної практики. Зокрема, використовується метод спадкоємності курсового і дипломного проєктування: спочатку тема розробляється в обсязі курсового проєкту, в результаті чого з'являється перший варіант розв'язання задачі; потім тема розвивається, поглиблюється і доводиться до реального варіанта в дипломному проєкті.

При дипломному проєктуванні значну увагу приділяють самостійній роботі студента, яка має за мету розвиток ініціативи в вирішенні практичних інженерних задач.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь „Кронштейн 01.025.002” має свої недоліки, деякі недоліки обладнання, що застосовується для механічної обробки. В основному, методи обробки деталі, що застосовуються на виробництві, малопродуктивні. Тому необхідне застосування більш прогресивних методів обробки, застосування найсучасніших методів проектування технологічних процесів, застосування більш прогресивного обладнання, розміщення обладнання по більш продуктивним процесам обробки деталі, застосування сучасних форм проектування із залученням комп'ютерної техніки обчислювальних центрів.

Деталь „Кронштейн 01.025.002” відноситься до III групи складності. Заготовка – вилівка. Деталь виконується із сталі 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018.

Хімічний склад і механічні властивості цієї марки сталі наведено в таблицях 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості сталі 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018

Марка	σ_m	σ_B	σ_{02} , МПа	α , $\frac{кгс \cdot м}{см^2}$	Відносне звуження, %	Твердість НВ, не менше
	МПа					
45ХГЛ	410	620	160	5	40	242

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018

C	Si	Mn	Cr	S	P
		Не більше			
0,41- 0,49	0,4-0,7	0,8	1,1	0,005	0,005

									Арк.
									10
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата	ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ				

Для існуючих вимог щодо роботи деталі слід відзначити, що матеріал деталі вибраний вірно. Конструкція самої деталі відповідає вимогам щодо працездатності і виконання технічних вимог, які задаються креслеником.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

З точки зору технологічності слід довести наступні переваги і недоліки.

До переваг відноситься той факт, що деталь має добрі базові поверхні для механічної обробки. Матеріал деталі має добрі властивості як по структурі, так і по механічних властивостях.

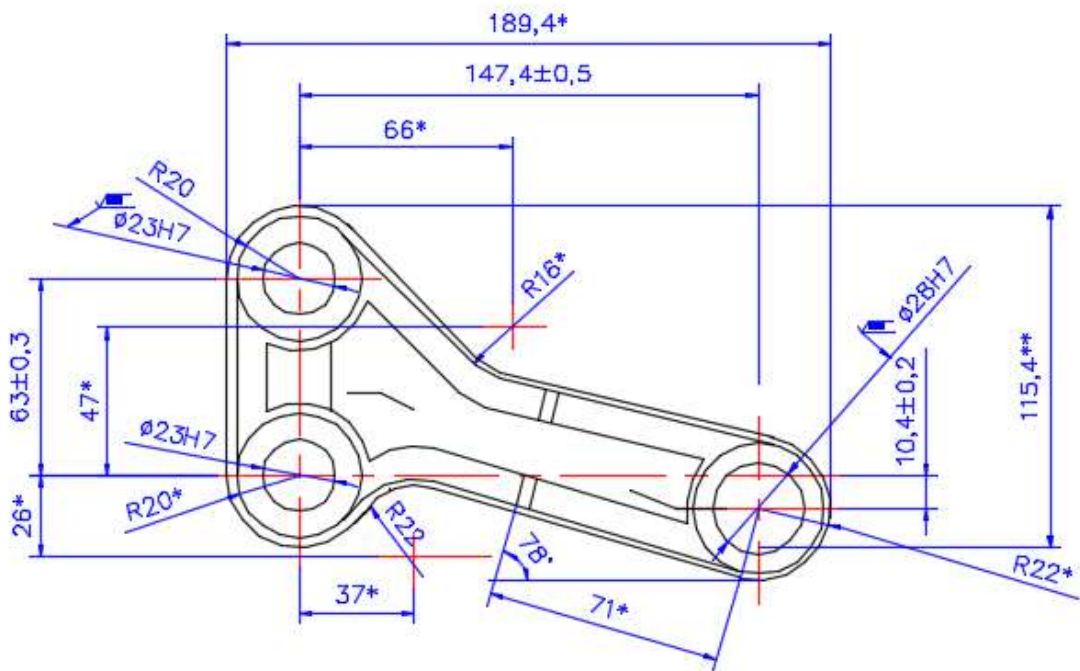


Рисунок 1.1 – Кресленик деталі «кронштейн»

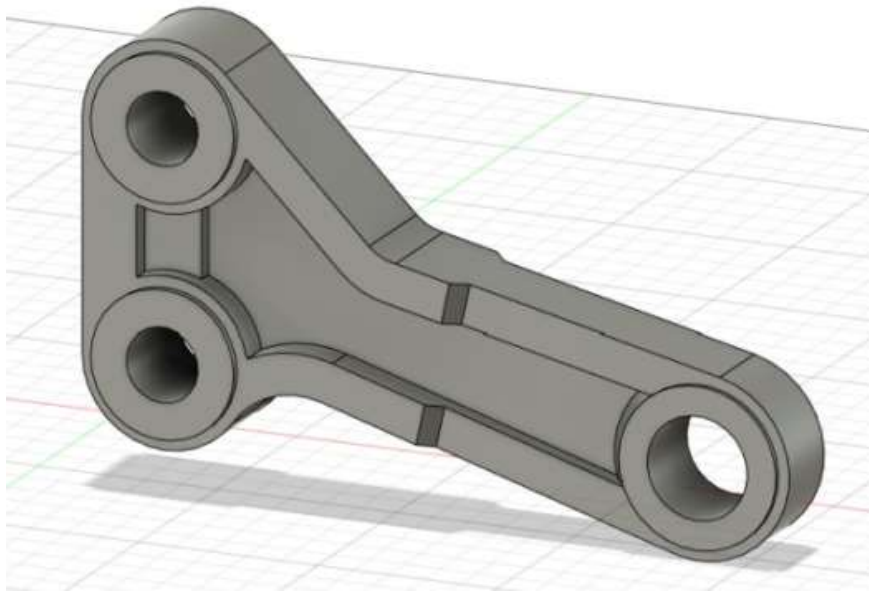


Рисунок 1.2 – 3D модель деталі «кронштейн»

До недоліків відносяться деякі конструктивні рішення. Розташування торцевих поверхонь бобишок $\varnothing 28H7$ і $\varnothing 40$ (рис. 1.1) в різних площинах, що унеможливило обробку цих поверхонь напрохід, а вимагає до переустановлення деталі під час обробки цих поверхонь. Цей факт збільшує час на обробку та зменшує продуктивність обробки. Також є складності і в обробці отворів $\varnothing 5,5$ мм. Для обробки зазначених отворів немає достатніх базових поверхонь, що також призводить до додаткових труднощів.

Але, в цілому деталь можна вважати технологічною, яка має достатню міцність та жорсткість.

1.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Тип виробництва залежить від двох факторів: програми випуску та трудомісткості виготовлення деталі. В залежності від заданої програми розраховують такт випуску τ , а трудомісткість визначається середнім штучним часом $T_{шт.с.}$ по операціях, що існують на заводі чи по аналогічному технологічному процесу. Відношення цих величин прийнято називати коефіцієнтом серійності:

$$K_o = \frac{\tau}{T_{шт.с.}}$$

Такт випуску розраховується за формулою[12]:

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \text{ хв/шт,}$$

де F_d - дійсний фонд робочого часу, $F_d = 2030$ год;

N - річна програма випуску деталі, $N = 1000$ шт.

$$\tau = \frac{2030 \cdot 60}{1000} = 121,8;$$

$$K_o = \frac{121,8}{0,9} = 135.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Отже, можна зробити висновок, що за заводською програмою випуску тип виробництва – одиничний.

Розрахуємо приведену річну програму випуску деталей.

Приведена програма N_{np} визначається за формулою:

$$N_{np} = \frac{B \cdot \Phi_{\partial} \cdot m \cdot 60}{\sum_n^i T_{ум}}$$

$$K_o = \frac{\tau}{T_{ум.с}}$$

де $\sum_n^i T_{ум}$ - сумарний штучний час;

n - кількість операцій;

B - загальна кількість верстатів;

m - кількість робочих змін;

Φ_{∂} - річний фонд роботи обладнання.

$$N_{np} = \frac{11 \cdot 2030 \cdot 2 \cdot 60}{9,8} = 251020 \text{ шт.}$$

Приймаємо річну програму випуску деталей $N = 250000$ шт.

Заданий цілодобовий випуск виробів

$$N_c = \frac{N}{254} = \frac{250000}{254} = 984,25 \text{ штук.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Добова продуктивність поточкових ліній

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \cdot \eta_z,$$

де F_c - добовий фонд часу роботи обладнання (при двозмінному режимі роботи $F_c = 952$ хв);

η_z - коефіцієнт завантаження обладнання;

T_{cp} - середня трудомісткість операцій:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{шт.к.і}}{n},$$

де $T_{шт.к.}$ - штучнокалькуляційний час основної i -ї операції;

n - кількість основних операцій.

$$T_{cp} = \frac{9,8}{11} = 0,9 \text{ хв}$$

$$Q_c = \frac{952}{0,9} \cdot 0,75 = 793 \text{ штук.}$$

Приймаємо рішення про недоцільність застосування поточної форми організації виробництва на основі того, що заданий добовий випуск виробів і розрахована добова продуктивність поточкових ліній не відповідають один одному.

Отже, приймаємо групову форму організації виробництва, при якій ознакою серійності є запуск виробництва деталей партіями.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Зробивши аналіз базового, заводського технологічного процесу, можна зробити висновок про наявність деяких недоліків. До недоліків слід віднести те, що оброблення поверхонь виконується малопродуктивним інструментом, на малопродуктивному обладнанні. Пристрої, що застосовуються при механічному обробленні, мають переважно ручне затискування деталі, що призводить до збільшення часу на встановлення і зняття деталі та збільшення часу на саму механічну обробку.

В даному дипломному проекті пропонується введення багатоінструментальної обробки кількох поверхонь за один установ та застосування прогресивних пристроїв з пневматичним затискуванням, що призведе до скорочення часу на встановлення і зняття деталі. Ці зміни в технологічному процесі дозволять підвищити точність оброблення деталі, скоротити час на механічне оброблення деталі. Крім того, пропонується введення в технологічний процес більш продуктивного обладнання та інструмент.

2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Оптимальний спосіб отримання заготовки визначається на основі техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості виготовлення заготовки.

Для деталі „кронштейн”, що виготовляється із сталі 45ХГЛ і має досить складну конфігурацію, найбільш вірогідним методом отримання заготовки є литво. Порівнюємо два варіанти отримання виливків – в піщано-глиняні форми і в оболонкові форми.

Виходячи з вищесказаного, проводимо розрахунок собівартості заготовки.

Вартість заготовок, отриманих методом литва в піщано-глиняні форми розраховуємо за формулою:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де $S_{заг}$ - вартість заготовки, гр;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, гр. $C_i = 43100$;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 2,52$;

q - маса готової деталі, кг; $q = 1,82$;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр. $S_{відх} = 294$;

k_T, k_c, k_B, k_M, k_n - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

Отже, вартість заготовки, що отримана із сталі 45ХГЛ методом литва в піщано-глинисті форми, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{43100}{1000} \cdot 2,52 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \right) - (2,52 - 1,82) \cdot \frac{294}{1000} = 92,7 \text{ гр}$$

Вартість заготовок, отриманих методом литва в оболонкові форми розраховуємо за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де $S_{заг}$ - вартість заготовки, гр;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, гр. $C_i = 59900$;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 2,31$;

q - маса готової деталі, кг; $q = 1,82$;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр. $S_{відх} = 294$;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

k_T, k_c, k_g, k_m, k_n - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

Отже, вартість заготовки, що отримана із сталі 45ХГЛ методом литва в оболонковій формі, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{59900}{1000} \cdot 2,31 \cdot 1,04 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (2,31 - 1,82) \cdot \frac{294}{1000} = 142 \text{ грн}$$

В результаті проведеного аналізу видно, що більш економічним є перший метод отримання заготовки, тому застосовуємо саме цей метод.

2.3 Вибір технологічних баз

При обробленні торців деталі за установчу базу приймаємо протилежні торці. При обробленні отворів $\varnothing 5,5$ мм за базову поверхню приймаються торці бобишок та отвори, в яких встановлюються установчі пальці. При обробленні інших отворів за базу приймаємо торці бобишок і отвори $\varnothing 23$ мм та $\varnothing 28$ мм, по яким деталь встановлюється на установчі пальці.

2.4 Розроблення технологічних операцій

Технологічний маршрут механічного оброблення деталі „кронштейн” надамо у вигляді таблиці 2.1.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 - Технологічний маршрут механічного оброблення деталі
“кронштейн”

№ операції	Найменування операції	Квалітет точності <i>IT</i>	Параметр шорсткості <i>Ra</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
005	Вертикально-фрезерна	<i>IT 12</i>	6,3
010	Вертикально-фрезерна	<i>IT 12</i>	6,3
015	Вертикально-фрезерна	<i>IT 12</i>	6,3
020	Вертикально-фрезерна	<i>IT 12</i>	6,3
025	Вертикально-свердлувальна	<i>IT 11</i>	6,3
030	Вертикально-свердлувальна	<i>IT 11</i>	6,3
035	Вертикально-свердлувальна	<i>H 7</i>	1,6
040	Вертикально-свердлувальна	<i>H 7</i>	1,6
045	Вертикально-свердлувальна	<i>IT 11</i>	6,3
050	Вертикально-свердлувальна	<i>IT 11</i>	6,3
055	Вертикально-свердлувальна	<i>IT 11</i>	6,3
060	Контрольна	-	-

Технологічний процес механічного оброблення деталі „кронштейн” надамо у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технологічний процес механічного оброблення деталі “кронштейн”

№ операції	Найменування і зміст операції	Обладнання	Інструмент
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>005</i>	Багатоцільова 1. Фрезерувати торці бобишок напрохід, витримавши розмір 37 мм. 2. Фрезерувати торці бобишок напрохід, витримавши розміри 34 _{-1,0} мм та 2 мм.	Оброблювальний центр з ЧПК AVIA X-5 1300/630	Фреза торцева, CoroMill® 245
<i>010</i>	Багатоцільова 1. Фрезерувати торець бобишки Ø40 мм. 2. Фрезерувати торець бобишки Ø40 мм з протилежної сторони.	Оброблювальний центр з ЧПК AVIA X-5 1300/630	Фреза торцева, CoroMill® 245
<i>015</i>	Вертикально-свердлувальна з ЧПК 1. Розсвердлити отвір	Вертикально-свердлувальний з ЧПК	1. Свердло спіральне,

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

	наскрізний Ø22,3 мм начорно. 2. Зенкерувати отвір Ø22,8 мм. 3. Розвертати отвір Ø23H7 мм.	2H135Ф2	CoroDrill® 460. 2. Зенкер спіральний Ø22,8, P6M5. 3. Розвертка машинна Ø23H7.
020	Вертикально-свердлувальна з ЧПК 1. Розсвердлити отвір наскрізний Ø27,5 мм начорно. 2. Зенкерувати отвір Ø22,8 мм. 3. Розвіртувати отвір Ø23H7 мм.	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2H135Ф2	1. Свердло спіральне, CoroDrill® 460. 2. Зенкер спіральний Ø22,8, P6M5. 3. Розвертка машинна Ø23H7.
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК Зенкерувати отвір Ø27,8 мм. Розвіртувати отвір Ø28H7 мм.	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2H135Ф2	Зенкер спіральний Ø27,8, P6M5. Розвертка машинна Ø28H7.
030	Вертикально-свердлувальна з ЧПК Свердлити отвір Ø5,5 мм, витримуючи розмір 147,4±0,5	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2H135Ф2	Свердло монолітне CoroDrill DS20-D5,5-DM20.

	мм.		
035	Вертикально-свердлувальна Свердлити отвір Ø5,5 мм, на довжину 15,7 мм.	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Свердло монолітне CoroDrill DS20-D5,5-DM20.
040	Вертикально-свердлувальна Свердлити отвір Ø5,5 мм, витримуючи розмір 147,4±0,5 мм.	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Свердло монолітне CoroDrill DS20-D5,5-DM20.
045	Контрольна		

2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку

2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків

Для зручності результати розрахунків надамо у вигляді таблиці 2.3.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		22

Таблиця 2.3 - Карта розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічних переходах $\varnothing 28H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 28H7$	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{zp}$	$2z_{\max}^{zp}$
Заготовка	450	45	131	99	-	25,516	2000	23,516	28,916	-	-
Свердлування	80	80	7,9	-	$2 \cdot 105$	27,624	200	27,424	27,624	2108	3908
Зенкерування	10	10	-	-	$2 \cdot 168$	27,981	110	27,871	27,981	336	426
Розвертання	-	-	-	-	$2 \cdot 20$	28,021	21	28	28,021	40	129

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 28H7$ складається із свердлування, зенкерування, розвіртування.

Значення R_z і T для заготовки вибираємо за традиційною методикою. Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2},$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення заготовки:

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l,$$

де Δ_k - питома кривизна заготовки, мкм на 1 мм довжини;

l - довжина заготовки в мм.

$\rho_{ц}$ - похибка центрування, мкм:

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		23

де - допуск на базовий діаметр, $\delta = 2,1$ мм.

Отже, значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{(0,7 \cdot 187)^2 + (0,25 \cdot \sqrt{2,1^2 + 1})^2} = 0,131 \text{ мм} = 131 \text{ мкм}.$$

Залишкова величина просторових відхилень:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 131 = 7,9 \text{ мкм}$$

Похибка установки ε_y :

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2},$$

де ε_{δ} - похибка базування деталі, яка дорівнює допуску на розмір, що з'єднує вимірювальну і установчу бази, $\varepsilon_{\delta} = 40$ мкм;

ε_3 - похибка закріплення, в нашому випадку $\varepsilon_3 = 90$ мкм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{40^2 + 90^2} = 98,5 \text{ мкм}.$$

Найменші граничні розміри визначаємо відніманням технологічного допуску по переходах від округленого до точності допуску найбільшого граничного допуску.

Граничні значення припусків $2z_{\max}$ визначаємо як різницю найменших граничних розмірів, а значення $2z_{\min}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів заготовки переходу, що виконується, та попереднього.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.3.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Загальні припуски $z_{o_{\min}}$ та $z_{o_{\max}}$ визначаємо, сумуючи проміжні.

Перевіримо вірність розрахунків:

$$2z_{1\max} - 2z_{1\min} = \delta_3 - \delta_1;$$

$$129 - 40 = 110 - 21$$

$$89 = 89$$

Розрахунки проведені правильно.

2.5.2 Табличний розрахунок припусків

На всі інші розміри припуски і допуски призначаємо табличним методом і надамо їх у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення припусків та допусків табличним методом

Розмір деталі, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	
		Табличний	Розрахунковий
Ø23	±1,00	2x2,0	-
34 _{-1,0}	±1,00	2,0	-
25 _{-1,0}	±1,00	2,0	-

2.6 Вибір режимів різання

Результати наведемо у вигляді таблиці 2.5.

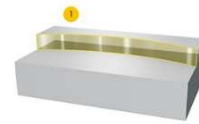
Таблиця 2.5 - Режими різання

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання					
		t , мм	i	S_{xg} , мм/хв мм/об мм/зуб	n , об/хв	V , м/хв	T_o , хв
005	Багатоцільова 1. Фрезерувати торці бобишок напрохід, витримавши розмір 37 мм. 2. Фрезерувати торці бобишок напрохід, витримавши розміри 34-1,0 мм та 2 мм.	0,6	2	0,8	1590	222	0,946
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> ТОРЦЕВОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ / СМЕННАЯ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ </div>  <p>The screenshot shows a software interface for a CoroMill MН20. It includes a 3D model of the tool, a list of selected tools (MH20-AR051R19-08H and MH20-Q80425M-M50 1130), and a table of parameters: Max diameter of cut (50.8 mm), Max depth of cut (1.2 mm), Tool life (5460 TLIFEC), and Processing time (00:00.473 TMF). It also displays CO2 emissions: Carbon dioxide emission per component (0.414 g) and Work per component (0.00251 kWh).</p>					
010	Багатоцільова 1. Фрезерувати торець	0,6	2	0,8	1590	222	0,946

бобишки Ø40 мм.
 2. Фрезерувати торець
 бобишки Ø40 мм з
 протилежної сторони.

ТОРЦЕВОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ / СМЕННАЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



CoroMill MH20

MH20-AR051R19-08H
Инструмент

MH20-080425M-M50 1130
Торцевая пластина (6x)

Max диаметр резания DCX 50.8 mm
 Max глубина резания APMX 1.2 mm
 Стойкость, дет. TLIFEC 5460 Поверхности
 Время обработки на элемент TMF 00:00.473 мин:сс

Save for later

Создайте инструментальную сборку

ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 222 m/min
 Подача на зуб FZ 0.8 mm

CO₂ EMISSIONS
 Carbon dioxide emission per component CPC 0.414 g
 Work per component WPC 0.00251 kWh

Показать подробности

Информация

015	Вертикально-свердлувальна з ЧПК 1. Розсвердлити отвір наскрізний Ø22,3 мм начорно. 2. Зенкерувати отвір Ø22,8 мм. 3. Розвертати отвір Ø23H7 мм.	1,15	2	0,1	2850	199	1,534
		0,25	2	0,5	1280	10,5	
		0,1	2	2,1	70	6,0	

		<p>CoroBore 825</p> <ul style="list-style-type: none"> 825-23TC06-EN16 Инструмент ТСМТ 06 Т1 04-UF 4425 Пластина 392.EREN-20 16 014 Корпус <p>Стойкость, дет. TLIFEC 3590 Отверстия</p> <p>Время обработки на элемент TMF 00:05.340 мин:сс</p>	<p>ШАГИ 1</p> <p>УВЕЛИЧЕНИЕ ДИАМЕТРА</p> <p>Скорость резания VC 199 m/min</p> <p>Подача на оборот FN 0,1 mm</p> <p>Глубина резания AP 1,15 mm</p> <p>CO₂ EMISSIONS</p> <p>Carbon dioxide emission per component CPC 6,46 g</p> <p>Work per component WPC 0,0391 kWh</p> <p>Показать подробности</p>
--	--	---	--

020	<p>Вертикально-свердлувальна з ЧПК</p> <p>1. Розсвердлити отвір наскрізний Ø27,5 мм начорно.</p> <p>2. Зенкерувати отвір Ø22,8 мм.</p> <p>3. Розвертати отвір Ø23H7 мм.</p>	0,25	1	0,1	2850	199	0,982
		0,25	1	0,5	1280	10,5	
		0,1	1	2,1	70	6,0	
025	<p>Вертикально-свердлувальна з ЧПК</p> <p>Зенкерувати отвір Ø27,8 мм.</p> <p>Розвертати отвір Ø28H7 мм.</p>	0,25	1	0,5	1280	10,5	0,647
		0,1	1	2,1	70	6,0	

030	Вертикально-свердлувальна з ЧПК Свердлити отвір Ø5,5 мм, витримуючи розмір 147,4±0,5 мм.	2,75	1	0,1	1280	26,8	0,23
035	Вертикально-свердлувальна Свердлити отвір Ø5,5 мм, на довжину 15,7 мм.	2,75	1	0,1	1280	22,1	0,41
040	Вертикально-свердлувальна Свердлити отвір Ø5,5 мм, витримуючи розмір 147,4±0,5 мм.	2,75	1	0,1	1280	22,1	0,42

2.7 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Приклад розрахунку технічних норм часу покажемо на операції 015 – вертикально-свердлувальній.

Для серійного виробництва норма штучно-калькуляційного часу становить:

$$t_{шт.к.} = t_o + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп} + \frac{T_{н.з.}}{n},$$

де t_o - основний технологічний час (машинний), хв;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		29

$t_{обс}$ - час, що витрачається на обслуговування робочого місця, хв;

$t_{відп}$ - час, що витрачається на відпочинок та особисті потреби робітника, хв;

$T_{п.з.}$ - підготовчо-заключний час на партію деталей, хв;

n - розмір партії деталей, шт;

$t_{доп}$ - допоміжний час, який складається:

$$t_{доп} = t_{в.з.} + t_{з.в.} + t_{к} + t_{вим},$$

де $t_{в.з.}$ - час, що витрачається на встановлення та зняття заготовки, хв;

$t_{з.в.}$ - час, що витрачається на закріплення та відкріплення заготовки, хв;

$t_{к}$ - час, що витрачається на прийоми керування верстатом, хв;

$t_{вим}$ - час, що витрачається на вимірювання заготовки, хв.

Розмір партії визначаємо, враховуючи річну програму випуску деталей:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

де a - число днів на випередження механічного оброблення перед складанням, $a=3$;

254 – число робочих днів на рік.

$$n = \frac{250000 \cdot 3}{253} = 2964 \text{ шт.}$$

$t_o = 1,01$ хв; $t_{в.з.} = 2,5$ хв; $t_{з.в.} = 1,22$ хв; $t_{вим} = 0,48$ хв.

Оперативний час:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$t_{on} = 1,01 + 2,5 + 1,22 + 0,48 = 5,21 \text{ хв.}$$

Час технічного обслуговування робочого місяця:

$$t_{mex} = t_o \cdot \frac{t_{зм}}{T},$$

де $t_{зм}$ час на зміну свердла, хв; $t_{зм} = 5$ хв;

T - стійкість свердла; $T = 50$ хв.

$$t_{mex} = 5,21 \cdot \frac{5}{50} = 0,52 \text{ хв.}$$

Час, необхідний для організаційного обслуговування робочого місяця:

$$t_{орг} = 3,5\% \cdot t_{on} = 0,035 \cdot 5,21 = 0,018 \text{ хв.}$$

Час, необхідний для відпочинку та особисті потреби:

$$t_{відп} = 4\% \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 5,21 = 0,2 \text{ хв.}$$

Штучний час:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$t = t_{on} + t_{обсл} + t_{відн} = 5,21 + 0,52 + 0,018 + 0,2 = 5,95 \text{ хв.}$$

Підготовчо - заключний час за нормативами становить:

$$T_{н.з.} = 20 \text{ хв.}$$

Отже, штучно – калькуляційний час на виконання операції становить:

$$t_{шт.к.} = 5,95 + \frac{20}{2964} = 5.96 \text{ хв.}$$

На всі інші операції розрахунок проводимо аналогічно.

2.8 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

Вертикальні обробні центри AVIA серії X-5 (рис. 2.1) - найбільш універсальні 5-ти координатні оброблювальні центри.

Для створення керуючої програми в дипломному проекті було застосовано програмний продукт Autodesk Fusion, який вшироко використовується для проектування деталей машинобудівної галузі.

«Використання САПР Fusion 360 та сучасного металообробного обладнання з ЧПК для проектування та виготовлення зношених деталей складної конфігурації, що на даний час не виготовляються в умовах серійного виробництва, є перспективним напрямком в машинобудівній галузі. При виготовленні деталей з використанням CAD/CAM технологій на етапі графічного моделювання є можливість модернізувати їх конструкції та забезпечити експлуатаційну надійність, довговічність і ремонтпридатність діючого обладнання, а також максимально використати на

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		32

підприємстві всі технологічні можливості сучасних верстатів з ЧПК, що закладені виробником» [18].



Рисунок 2.1 Універсальний 5-ти координатний оброблювальний центр

AVIA X-5 1300/630

Надамо основні етапи використання САПР Fusion 360 в процесі виготовлення деталі «кронштейн».

1. Створення 3D моделі (рис. 2.2).

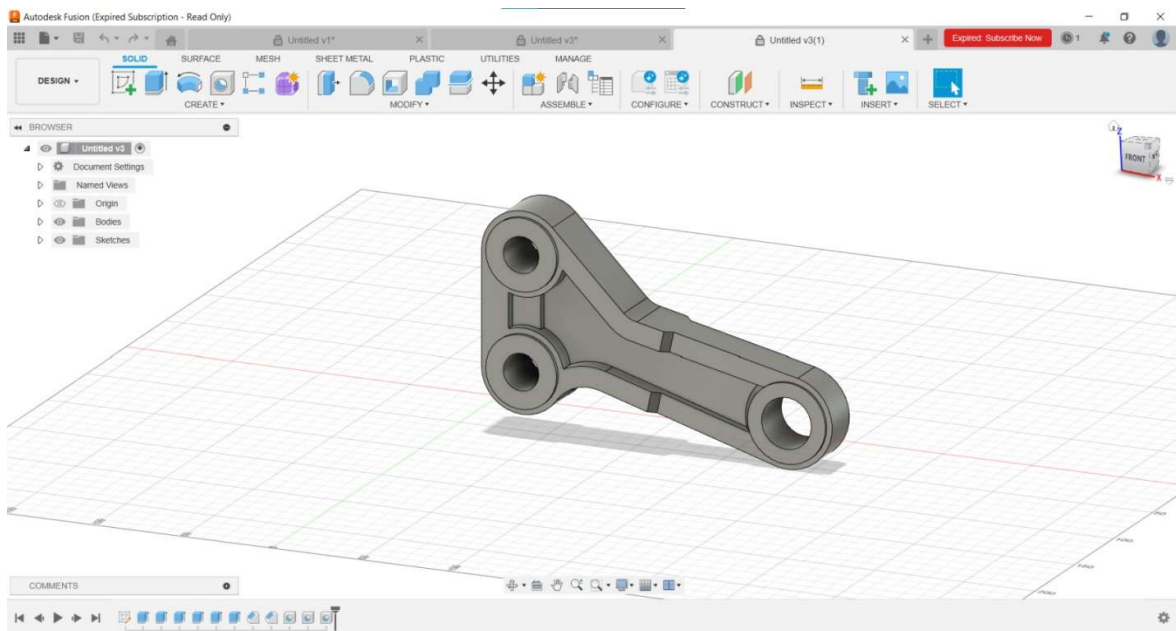


Рисунок 2.2 – 3D модель деталі «кронштейн»

2. Вибір системи координат (установ І) (рис. 2.3)

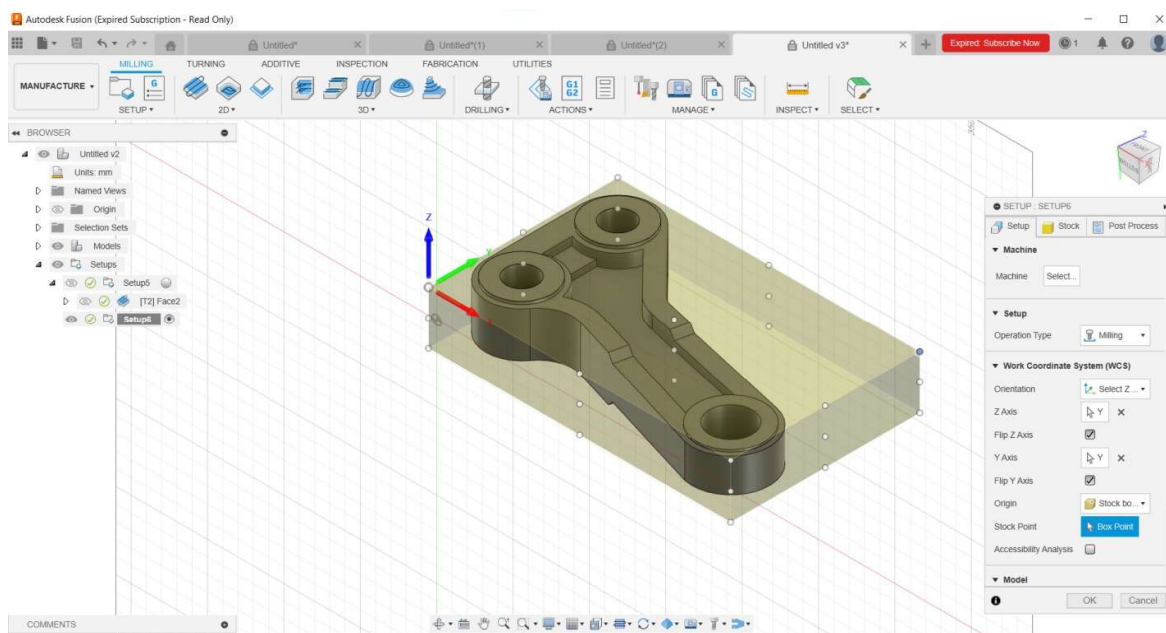


Рисунок 2.3 – Вибір системи координат

3. Вибір методу оброблення (рис. 2.4)

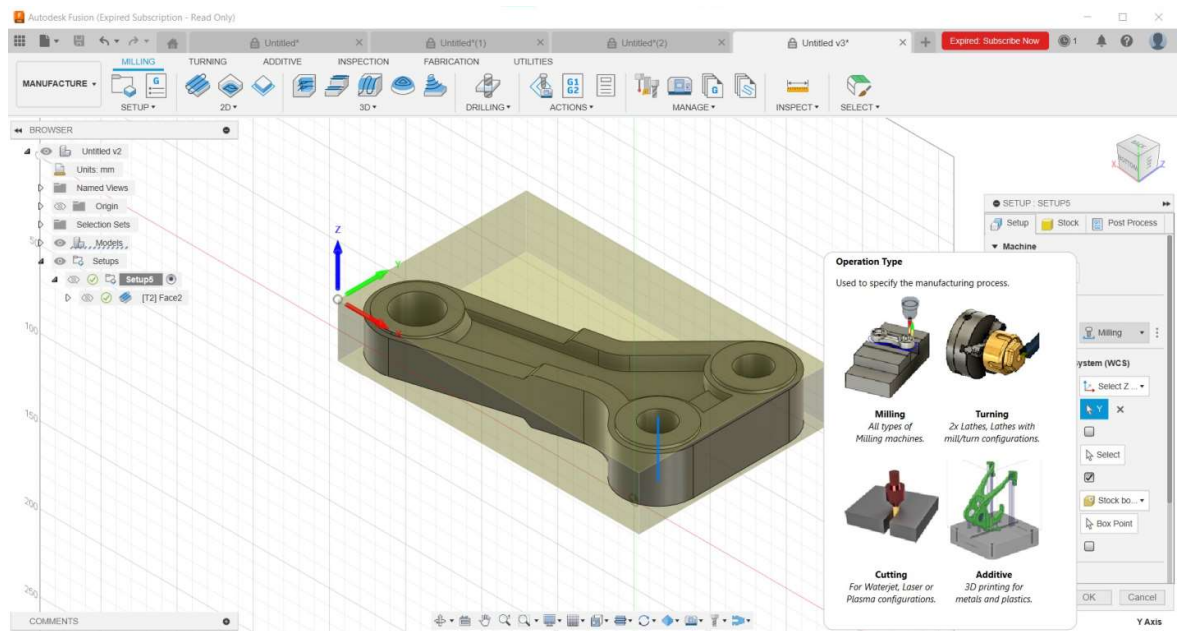


Рисунок 2.4 – Вибір методу оброблення

4. Вибір інструменту (рис. 2.5)

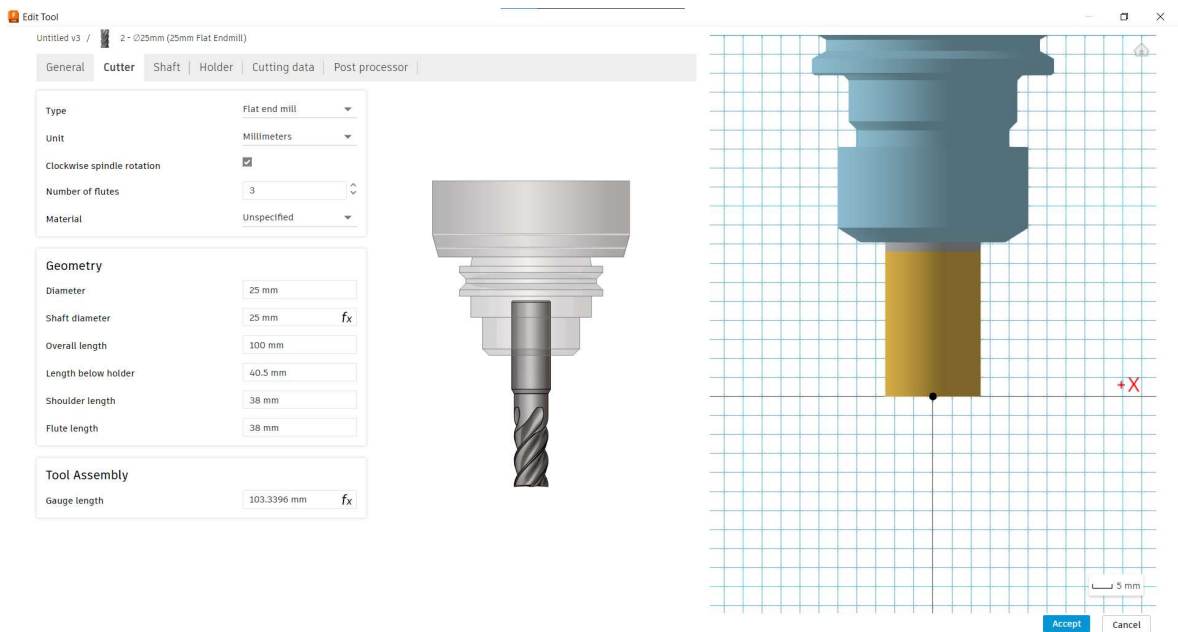


Рисунок 2.5 – Вибір інструменту

5. Траекторія руху інструменту (установ I) (рис. 2.6)

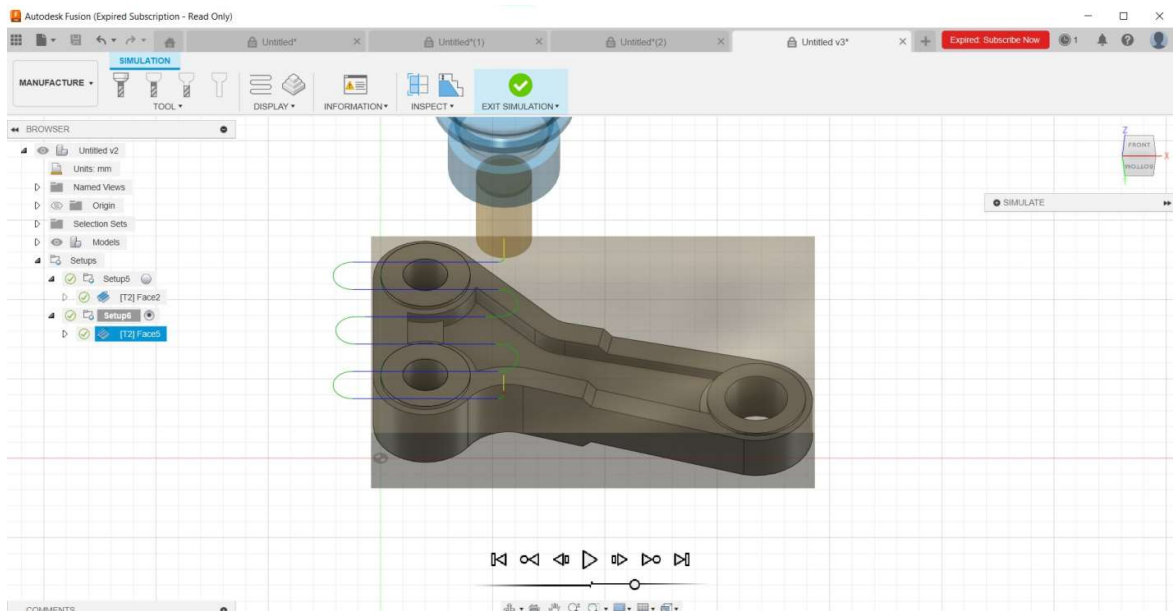


Рисунок 2.6 – Траекторія руху інструменту (установ I)

6. Вибір системи координат (установ II) (рис. 2.7)

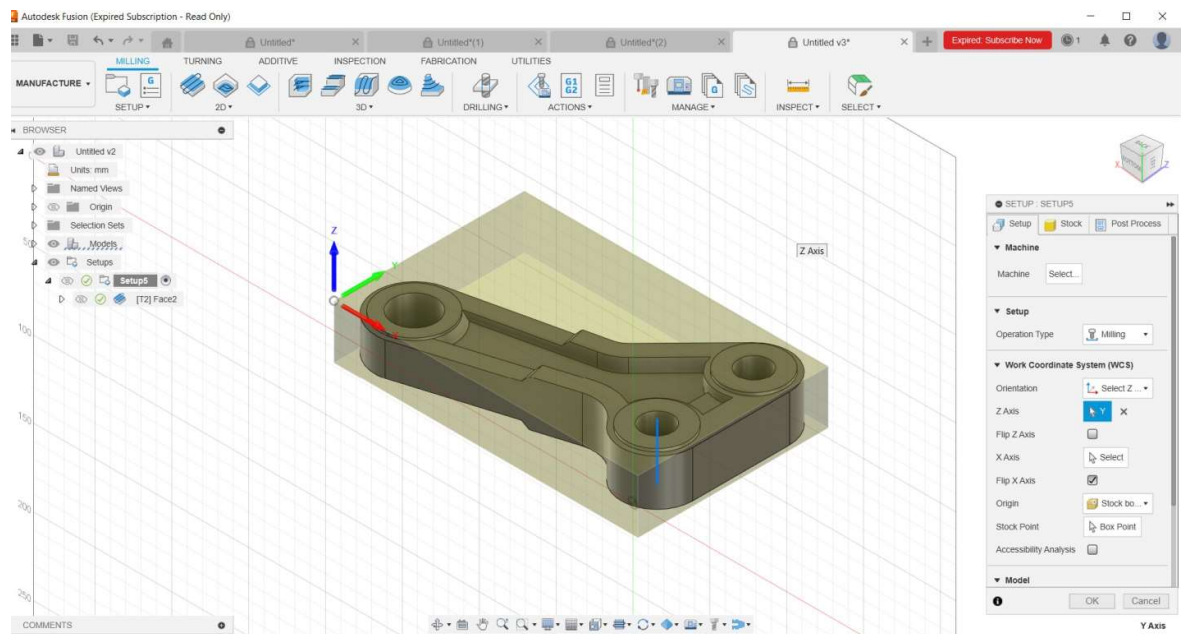


Рисунок 2.7 – Вибір системи координат (установ II)

7. Траєкторія руху інструменту (установ II) (рис. 2.8)

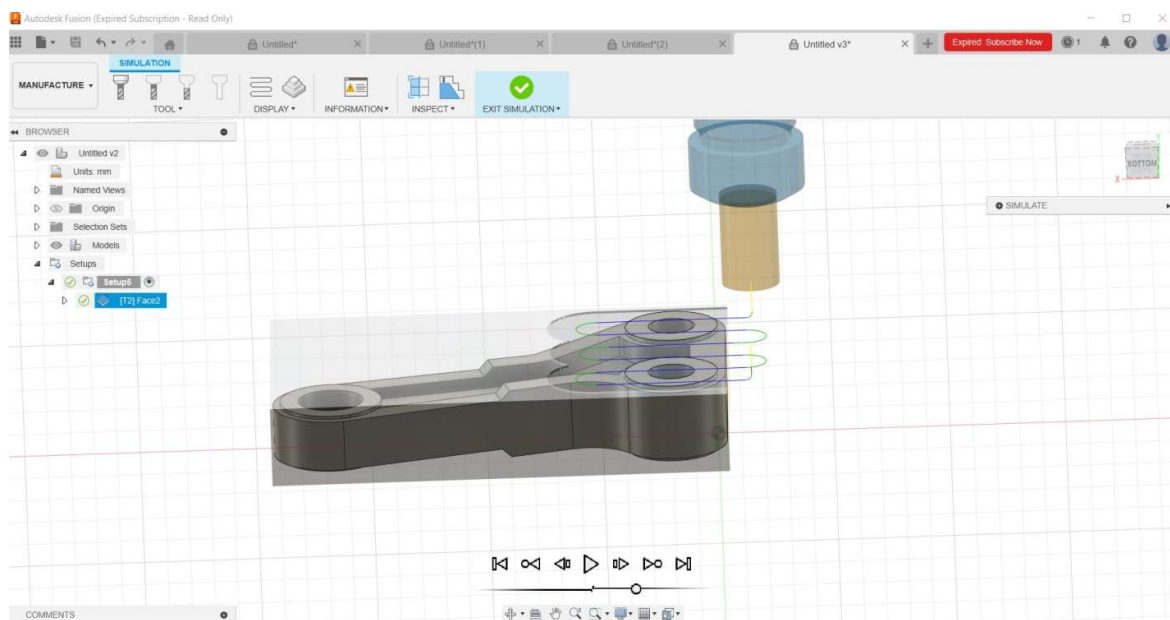


Рисунок 2.8 – Траєкторія руху інструменту (установ II)

8. Фрагмент керуючої програми для ЧПК (рис. 2.9).

```
0 BEGIN PGM 8vp.003.048-side_1_MM
1 BLK FORM 0.1 Z X 0 Y 0 Z-35
2 BLK FORM 0.2 X+197.7 Y+123.9 Z+0
3 CYCL DEF 247 NAZM.KOORD.BAZ.TOCH ~
  Q339=+1 ;NOMER TOCHKI ODN.
4 ;
5 * - PLANE +1mm
6 ;
7 TOOL CALL S 7 S4500 F1250
8 TOOL DEF 42
9 L Z+200 R0 FMAX
10 L X+0 Y+0 R0 FMAX
11 CYCL DEF 14.0 KONTUR
12 CYCL DEF 14.1 METKA KONTUR A1
13 CYCL DEF 20 DANNYJE KONTURA ~
  Q1=-2 ;GLUBINA FREZEROWANIA ~
  Q2=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~
  Q3=+0 ;PRIPUSK NA STORONU ~
  Q4=+0 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~
  Q5=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
  Q6=+2 ;BEZOPASN. RASSTOYANIE ~
  Q7=+50 ;B.WYSOTA? ~
  Q8=+0 ;ROUNDING RADIUS ~
  Q9=+1 ;ROTATIONAL DIRECTION
14 CYCL DEF 22 CHERN.OBRABOTKA ~
  Q10=-2 ;GLUBINA WREZANJA ~
  Q11= AUTO ;PODACHA NA WREZANJE ~
  Q12= AUTO ;FEED RATE F. ROUGHING ~
  Q13=+0 ;INST.CHER.OBR. ~
  Q19= AUTO ;FEED RATE FOR RECIP. ~
  Q208= MAX ;PODACHA MYCHODA ~
  Q401=+100 ;FEED RATE FACTOR ~
  Q404=+0 ;FINE ROUGH STRATEGY
15 CYCL CALL M13
16 ;
17 * - PLANE +0mm
18 CYCL DEF 14.0 KONTUR
19 CYCL DEF 14.1 METKA KONTUR A2
20 CYCL DEF 20 DANNYJE KONTURA ~
  Q1=-2 ;GLUBINA FREZEROWANIA ~
  Q2=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~
  Q3=+0 ;PRIPUSK NA STORONU ~
```

Рисунок 2.9 – Фрагмент керуючої програми

Керуючу програму для операції 005 «Багатоцільова» покажемо у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для оброблення деталі при фрезеруванні бобишки.

3.1.1 Опис конструкції та принципу роботи пристрою

Пристрій призначений для закріплення деталі при фрезеруванні бобишки $\varnothing 28$ на торцевій поверхні кронштейна.

Пристрій, що проектується, представляє собою корпус, на який кріпляться всі необхідні елементи. Деталь базується на опорному штирі по протилежній поверхні. Закріплення деталі проводиться за допомогою пневматичного циліндру через систему важелів і рухомої планки, яка просувається в пазах стола пристрою і здійснює безпосередньо закріплення деталі. Другий кінець деталі опирається на нерухому призму. Сам корпус пристрою базується на столі верстата за допомогою двох шпонок, закріплених в основі корпусу. Корпус кріпиться до столу верстата за допомогою гвинтів.

Схема базування деталі показана на рис. 3.1.

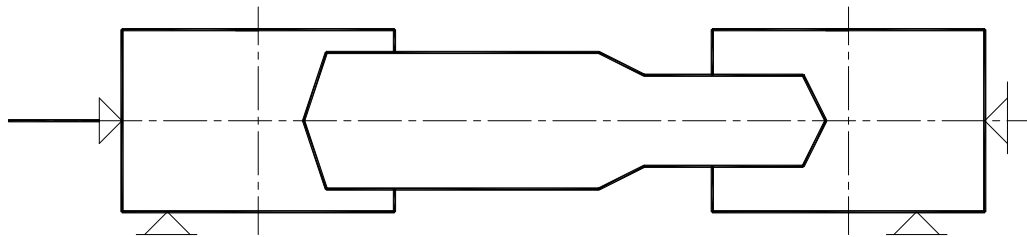


Рис.3.1 Схема базування

3.1.2 Розрахунок сил затиску при фрезеруванні бобишки

Закріплення деталей проводиться за допомогою важелів.

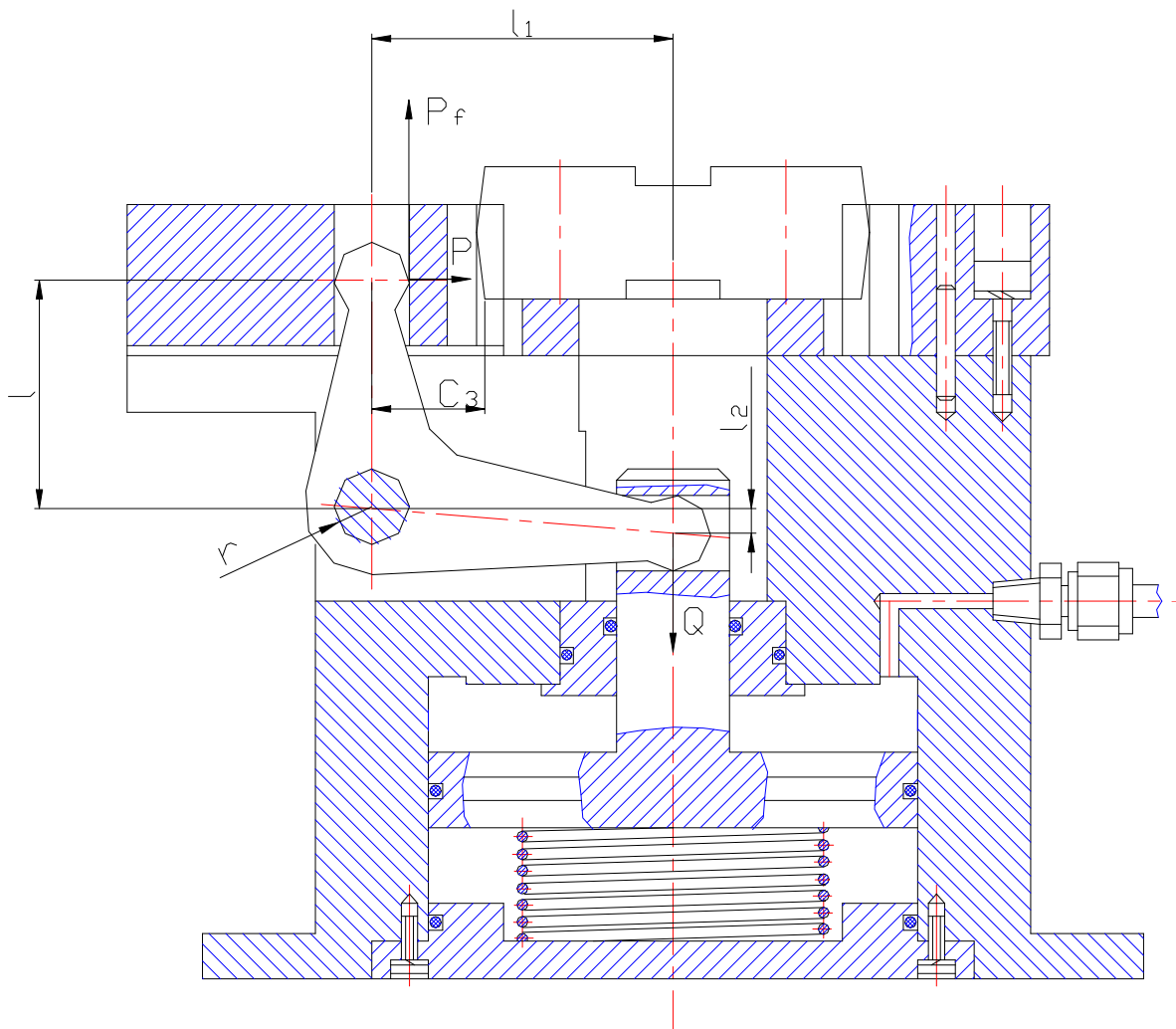


Рис.3.2 Схема закріплення деталі

Розрахункова схема для визначення сили затиску наведена на рис. 3.2.

У випадку, коли $l_1 > l$, отримаємо рівняння:

$$Q = P_z \cdot \frac{l + l_3 + 0,96 \cdot r \cdot f}{l_1 - l_2 f_1 - 0,4 \cdot r \cdot f_o},$$

де P_z - сила різання, $P_z = 3414$ Н;

l, l_1, l_2, l_3 - плечі важелів пристрою, $l = 51$ мм, $l_1 = 78$ мм, $l_2 = 18$ мм, $l_3 = 30$ мм;

f, f_1, f_0 - коефіцієнти тертя;

r - радіус осі важеля згідно розрахунків, $r = 6$ мм.

Отже, сила затискання становить:

$$Q = 3414 \cdot \frac{51 + 30 \cdot 0,195 + 0,96 \cdot 6 \cdot 0,195}{78 - 18 \cdot 0,85 - 0,4 \cdot 6 \cdot 0,17} = 2671 \text{ Н}.$$

Розраховуємо діаметр пневматичного циліндру:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot P;$$

$$D_u = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2671}{3,14 \cdot 4}} = 11,3 \text{ см} = 113 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартний розмір $D_u = 120$ мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розрахунок затискного пристрою полягає у визначенні міцності осі, на якій кріпиться кронштейн. З'єднання – гвинт – гайка.

Перевіримо гайку і опорну шайбу на розтягування.

$$\sigma_u = \frac{1,5 \cdot (D_2 - D_1) \cdot P}{\pi \cdot l_1 \cdot r^2} \leq [\tau];$$

$$\sigma_u = \frac{1,5 \cdot (3,5 - 1,8) \cdot 128}{3,14 \cdot 18 \cdot 4^2} = 36 \text{ кг/см}^2 = 3600 \text{ кПа}$$

Оскільки $[\tau]$ - допустиме напруження розтягування для гвинтів класу міцності 8.8, сталь 35, термічне оброблення – слабке гартування, $[\tau] = 21000 \text{ кПа}$.

Отже, умова міцності виконується.

$$3600 \leq [\tau] = 21000 \text{ кПа.}$$

Перевіримо гайку і опорну шайбу на зминання.

$$\sigma_{zm} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)} \leq [\sigma_{zm}];$$

$$\sigma_{zm} = \frac{4 \cdot 128}{3,14 \cdot (3,5^2 - 1,8^2)} = 18,7 \text{ кг/см}^2 = 1870 \text{ кПа.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

При фрезеруванні бобишок розмір $25_{-0,1}$ витримується за рахунок настроювання верстата (інструмента). А розміри, які визначають положення отворів під штирі відносно бокових поверхонь кронштейна, витримуються за рахунок точності виготовлення пристрою, яка визначає величину бокового зазору в посадках деталей.

Таким чином, розрахунком пристрою на точність визначимо допустиму величину сумарного радіального зазору в посадках штиря і призми.

Для розрахунку допустимої величини сумарного радіального зазору в посадках застосуємо формулу:

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{\partial})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_n^2 + k_2 \cdot \omega},$$

де $\delta = 0,1$ мм – допуск операційного розміру;

$k = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує точність обробки;

$\omega = 0,05$ – коефіцієнт економічної точності обробки;

ε_3 – похибка закріплення, яка з'являється внаслідок непостійності сили затиску. В даному випадку похибка закріплення $\varepsilon_3 = 70$ мкм;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті:

$$\varepsilon_{уст} = \frac{L_{\partial} \cdot S}{l},$$

де L_{∂} – загальна довжина обробки бокової поверхні плити за кресленням $L_{\partial} = 100$ мм;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

S - найбільший зазор між напрямною шпонкою пристрою і низом стола верстата, розмір шпонки і характер посадки в верстатному пазу визначається з'єднанням – 28H7/g6, максимальний зазор в якому

$$S = 0,021 + 0,020 = 0,041$$

Тоді

$$\varepsilon_{уст} = \frac{100 \cdot 0,041}{120} = 0,002 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{зн} = 0,04$ мм - похибка зношування базових елементів;

ε_n - похибки установки і зміщення ріжучого і допоміжного інструменту на верстаті, яка викликана неточністю виготовлення напрямних елементів пристрою; в даному випадку $\varepsilon_n = 0$, тобто маємо безззорне базування.

Отже, фактична похибка пристрою

$$\varepsilon_{пр} = 0,1 - 1,2 \cdot \sqrt{0,07^2 + 0,002^2 + 0,04^2 + 0,03^2} = 0,618 \text{ мм.}$$

Таким чином, величина сумарного радіального зазору в посадках не повинна перевищувати величину $\varepsilon_{пр}$.

Максимальний зазор в посадці $\varnothing 50\text{H}7/\text{k}6$ дорівнює $\Delta'_{\max} = 0,043 + 0,06 = 0,103$ мм,;
в посадці $\varnothing 30\text{H}8/\text{f}8$ - $\Delta''_{\max} = 0,043 + 0,06 = 0,103$.

Звідси сумарний зазор в посадках $\varnothing 50\text{H}7/\text{k}6$ і $\varnothing 30\text{H}8/\text{f}8$ дорівнює:

$$\Delta\varepsilon_{\max} = \Delta'_{\max} + \Delta''_{\max} = 0,103 + 0,103 = 0,206 \text{ мм.}$$

Таким чином, з точки зору точності дану схему базування можна признати раціональною, оскільки виконується умова:

$$\Delta\varepsilon_{\max} < \varepsilon_{np},$$

$$0,206 < 0,618.$$

3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

3.2.1 Опис конструкції та принципу роботи пристрою

Пристрій призначено для контролювання допуску перпендикулярності отвору $\varnothing 23H7$ відносно торця деталі.

В нашому випадку вимірювання проводиться за допомогою індикатора. Деталь базується по отвору $\varnothing 23H7$ та протилежному торцю бобишки кронштейна.

Деталь базується на плиті, на яку вмонтовано установчі пальці. Контроль проводиться наступним чином: на установлену деталь діє щуп індикатора, який закріплено на штативі і має можливість рухатись по основній плиті. Відхилення поверхні від перпендикулярності і відносно отвору $\varnothing 23H7$ фіксується щупом і відображається на шкалі індикатора. Ціна поділки індикатора 0,01 мм.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Для розрахунку контрольного пристрою необхідно визначити, з якою точністю виготовляється палець.

Діаметр посадочного отвору - $\varnothing 23H7$.

Допустиме зміщення виробу в пристрої знаходиться за формулою:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$T_{lh} + R \leq \left[\frac{1}{3} \dots \frac{2}{3} \right] T_{lk},$$

де T_{lh} - допуск на розмір в пристрої;

R - допустима величина зміщення виробу відносно установчого елемента пристрою.

Допуск розташування поверхні виробу відносно осі отвору $T_{lh} = 0,1$ мм.

Знаходимо величину допуску на розмір:

$$T_{lh} + R = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ мм.}$$

Приймаємо $k = 0,03$ мм; $T_{lh} = 0,02$ мм.

Максимальний зазор в з'єднанні виріб-палець пристрою не повинен виходити за межі:

$$S_{\max} \leq 2R = 2 \cdot 0,03 = 0,06 \text{ мм.}$$

Перевіряємо можливість застосування до діаметру пальця допуску \varnothing
 $23n6 = 23_{+0,015}^{+0,02}$ мм.

В такому випадку максимальний зазор становить: $S_{\max} = 0,041$ мм.

Вимога $S_{\max} \leq 2R = 0,06$ виконується.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Безпечність 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК

5-координатний фрезерний верстат з ЧПУ є високоточним обробним обладнанням, саме тому безпека під час його роботи має високе значення. Але не можна ігнорувати і сучасні тенденції, такі як охорона навколишнього середовища, відповідність екологічним стандартам, а також стандартам на відходи або забруднювальні речовини, що утворюються в процесі механічного оброблення. Розглянемо питання виробничої безпеки та відповідність екологічним стандартам під час експлуатації 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК.

Безпека оператора та стабільність роботи обладнання мають бути забезпечені під час роботи 5- координатного фрезерного верстата з ЧПК.

Основні фактори:

Конструкція і захист обладнання: 5-координатні фрезерні верстати з ЧПК зазвичай мають закриту конструкцію для запобігти розбризкуванню відходів різання, мастильно-охолоджувальної рідини або інших потенційно шкідливих речовин під час роботи. Зовнішня частина обладнання має бути обладнана захисною кришкою і кнопкою аварійної зупинки для забезпечення можливості швидкого вимкнення електроживлення в надзвичайній ситуації та забезпечення особистої безпеки оператора.

Навчання техніці безпеки та експлуатаційні характеристики: Оператори, які використовують 5- координатні фрезерні верстати з ЧПК, повинні пройти професійну підготовку з техніки безпеки та бути ознайомленими із характеристиками обладнання, робочими процедурами і заходами в надзвичайних ситуаціях. Крім того, важливими заходами гарантування виробничої безпеки також є розроблення та дотримання правил експлуатації, наприклад, носіння захисного одягу і захисних окулярів.

Електрична безпека: 5-координатні фрезерні верстати з ЧПК повинні бути оснащені заходами електробезпеки, такими як захист від перевантаження і захист

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

від короткого замикання, з метою запобігання пожежі або ураженню електричним струмом, викликаному електричними несправностями. Крім того є необхідність регулярних перевірок електропроводки і компонентів для переконання в їхньому хорошому стані.

Забруднення 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК: Норми з охорони довкілля та вимоги до захисту довкілля постійно вдосконалюються. Тому вимоги до захисту довкілля для 5-координатних фрезерувальних верстатів із ЧПК стають дедалі суворішими.

1. Контролювання шуму та вібрації: 5-координатний фрезерний верстат з ЧПК під час роботи буде продукувати шум та вібрацію. Щоб відповідати стандартам захисту довкілля, обладнання повинно мати конструкцію з низьким рівнем шуму і вібрації. Водночас завдяки розумному встановленню та налагодженню слід знизити вплив шуму та вібрації на навколишнє середовище.

2. Утилізація відходів: 5-координатний фрезерний верстат з ЧПК буде продукувати відходи різання під час оброблення, тому відходи слід збирати і переробляти класифікованим чином. Відходи, що піддаються вторинному переробленню, слід переробляти і використовувати повторно; відходи, що не переробляються, слід утилізувати належним чином згідно з відповідними правилами, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища.

3. Використання та керування мастильно-охолоджувальною рідиною. Деякі 5-координатні фрезерні верстати з ЧПК вимагають використання мастильно-охолоджувальної рідини під час оброблення. Для забезпечення захисту довкілля слід обирати змащувально-охолоджувальні рідини, що відповідають вимогам захисту довкілля, а відпрацьовані рідини слід регулярно замінювати та утилізувати. Водночас необхідно посилити контроль використання мастильно-охолоджувальної рідини для запобігання витокам і забрудненню.

Відходи та забруднювальні речовини, що утворюються під час механічного оброблення:

Основними відходами, що утворюються при експлуатації на 5-координатному фрезерному верстаті з ЧПК, є відходи різання, які зазвичай утворюються в

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

результаті різання металів. Крім того, обладнання, в якому використовуються мастильно-охолоджувальні рідини, може виробляти стічні води, що містять мастильно-охолоджувальні рідини. Якщо ці відходи і стічні води не очищаються належним чином, вони можуть чинити певний вплив на навколишнє середовище.

Тому необхідно вжити ефективних заходів щодо збору, класифікації та очищення відходів і стічних вод, що утворюються під час роботи 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК. Відходи, що піддаються вторинній переробці, слід переробляти і використовувати повторно; відходи, що не переробляються, наприклад, стічні води, слід утилізувати належним чином відповідно до відповідних правил, щоб гарантувати, що вони не забруднюють навколишнє середовище.

Щоденне обслуговування 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК.

Регулярне технічне обслуговування є основою для підтримки стабільної роботи 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК. Наведемо деякі ключові щоденні завдання з технічного обслуговування:

Очищення і технічне обслуговування: є необхідність регулярно очищати поверхню і внутрішню частину обладнання від пилу, мастила та інших забруднень, щоб ці фактори не вплинули на точність фрезерування та продуктивність обладнання. Також слід підтримувати порядок на робочому місці та знижувати вплив зовнішніх факторів на обладнання.

Змащування і технічне обслуговування: є необхідність регулярного змащування компонентів трансмісії, підшипників та інших ключових частин обладнання для забезпечення безперебійної роботи обладнання та зменшення його зношування. Необхідно використовувати відповідне мастило та додавайте його відповідно до інструкцій до обладнання.

Перевірка електричної системи: є необхідність регулярно перевіряти з'єднання електричних компонентів, кабелів, вилок та інших деталей, щоб переконатися у відсутності перешкод у ланцюзі. У разі виявлення відхилень слід негайно усунути їх, щоб уникнути пошкодження обладнання через електричні несправності.

Перевірка механічних компонентів: є необхідність регулярної перевірки механічних компонентів обладнання, включно з напрямними, гвинтами,

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

підшипниками тощо. При виявленні зношування або ослаблення слід замінити або ремонтувати їх вчасно, щоб забезпечити точність і стабільність експлуатації обладнання.

Перевірка різальних інструментів: робота різальних інструментів є важливим фактором надійної роботи 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК, що має безпосередній вплив на якість оброблення. Необхідно регулярно перевіряти ступінь зношування ріжучих інструментів та своєчасно замінювати їх для забезпечення точної та ефективної обробки.

Калібрування обладнання: є необхідність регулярного калібрування обладнання з метою забезпечення точності і стабільності обладнання під час роботи. Слід використовувати професійні інструменти та методи калібрування і діяти відповідно до вимог інструкцій до обладнання.

Висновок: вимоги стандартів безпеки та захисту довкілля під час експлуатації 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК є важливими факторами для забезпечення його довгострокової стабільної роботи. Посилюючи заходи з навчання персоналу техніці безпеки, електробезпеки та утилізації відходів, можна ефективно покращити безпеку та екологічні характеристики обладнання і зробити внесок у сталий розвиток підприємства, на якому це обладнання використовується.

4.2 Оцінювання безпечності спроектованого технологічного процесу

Спроекований технологічний процес виготовлення деталі «кронштейн» має низку характеристик, що впливають на безпеку його виконання і навколишнє середовище. Оцінювання безпечності та екологічності процесу проводиться з використанням методики, викладеної у національному стандарті ДСТУ EN ISO 13849-1:2018 «Безпека машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування» (EN ISO 13849-1:2015, IDT; ISO 13849-1:2015, IDT).

Складемо технологічний паспорт технологічного процесу (таблиця 4.1), у якому зазначимо працівників, які безпосередньо беруть участь у технологічному процесі, необхідне обладнання, матеріали і речовини, що використовуються.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Технологічний паспорт технічного об'єкта

Технологічний процес	Технологічна операція	Посада робітника	Обладнання	Матеріали
Технологічний процес механічного оброблення деталі «кронштейн»	Багатоцільова	Оператор верстата з ЧПК	Оброблювальний центр з ЧПК AVIA X-5 1300/630	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Багатоцільова	Оператор верстата з ЧПК	Оброблювальний центр з ЧПК AVIA X-5 1300/630	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Вертикально- свердлувальна з ЧПК	Оператор верстата з ЧПК	Вертикально- свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Вертикально- свердлувальна з ЧПК	Оператор верстата з ЧПК	Вертикально- свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Вертикально-	Оператор	Вертикально-	Сталь 45ХГЛ

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		50

Технологічний процес	Технологічна операція	Посада робітника	Обладнання	Матеріали
	свердлувальна з ЧПК	верстата з ЧПК	свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	Оператор верстата з ЧПК	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	Оператор верстата з ЧПК	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР
	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	Оператор верстата з ЧПК	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 2Н135Ф2	Сталь 45ХГЛ ДСТУ 8781:2018, ганчірка для обтирання, МОР

Технологічний паспорт використовується для виявлення та ідентифікації професійних ризиків, що виникають під час виконання технологічного процесу,

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		51

розроблення заходів щодо забезпечення пожежної безпеки на виробництві, забезпечення екологічної безпеки розробленого технологічного процесу.

4.3 Ідентифікація професійних ризиків

Виявляємо найбільш імовірні професійні ризики, які можуть впливати на працівників дільниці з виготовлення деталі «кронштейн» механізмів фрезерного пристрою. При цьому слід урахувати вплив небезпечних і шкідливих факторів, джерелом яких є не технологічний процес, що розглядається технологічний процес, а машини, механізми та інші процеси даного виробничого підрозділу. У таблиці 4.2 наведемо результати ідентифікації професійних ризиків.

Таблиця 4.2 – Ідентифікація професійних ризиків

Технологічна операція	Небезпечний чи шкідливий виробничий фактор	Джерело небезпечного чи шкідливого виробничого фактору
Фрезерна з ЧПК	Нерухомі ріжучі поверхні, задирки, поверхні, що колють та мають негативний вплив на робітника при контактуванні із ними	Обладнання, технологічне оснащення, інструмент, деталь
	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з високою температурою об'єктів виробничого середовища, які можуть викликати опіки тканин організму людини	Заготовка в процесі оброблення, інструмент

Технологічна операція	Небезпечний чи шкідливий виробничий фактор	Джерело небезпечного чи шкідливого виробничого фактору
	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з механічними коливаннями твердих тіл та їх окремих поверхонь, що характеризуються підвищеним рівнем вібрації	Обладнання, технологічне оснащення, інструмент
	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з акустичними коливаннями в виробничому середовищі, що характеризуються підвищеним рівнем шуму	Обладнання, технологічне оснащення, інструмент
	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з електричним струмом, що викликані різницею електричних потенціалів, під дію якого може потрапити працівник, включно із дією блискавки	Обладнання
	Відсутність чи недостатність необхідного природного освітлення	Обладнання
	Фізичне динамічне навантаження	Обладнання, технологічне оснащення

Ґрунтуючись на отриманих даних щодо ідентифікації професійних ризиків можна зробити висновок про те, що більшість професійних ризиків, що виникають під час виконання технологічного процесу характерні для механообробного виробництва.

4.4 Методи та засоби зниження професійних ризиків

Усунення та зниження впливу виявлених професійних ризиків можливе шляхом застосування різних технічних методів, організаційних заходів і засобів індивідуального захисту. У таблиці 4.3 наведемо заходи для усунення та зниження впливу професійних ризиків технологічного процесу.

Таблиця 4.3 - Організаційно-технічні методи та технічні засоби усунення або зниження негативного впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечний чи шкідливий виробничий фактор	Організаційно-технічні заходи та технічні засоби захисту, часткового зниження чи повного усунення небезпечного чи шкідливого виробничого фактору	Засоби індивідуального захисту працівника
Нерухомі ріжучі поверхні, задирки, поверхні, що колють та мають негативний вплив на робітника при контактуванні із ними	Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; зняття задирок; встановлення огорожі	Фартух для захисту від загальних виробничих забруднень, рукавички з полімерним покриттям, рукавички трикотажні з токовим полімерним покриттям; окуляри захисні

<p>Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з високою температурою об'єктів виробничого середовища, які можуть викликати опіки тканин організму людини</p>	<p>Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; встановлення огорожі</p>	<p>Захисний одяг від загальних виробничих забруднень та механічних впливів; нарукавники, рукавички з полімерним покриттям, рукавички трикотажні з токовим полімерним покриттям</p>
<p>Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з механічними коливаннями твердих тіл та їх окремих поверхонь, що характеризуються підвищеним рівнем вібрації</p>	<p>Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; масивні фундаменти обладнання; килимки, що гасять вібрацію, опори, що гасять вібрацію</p>	<p>Взуття захисне з захисним носком</p>
<p>Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з акустичними коливаннями в виробничому середовищі, що характеризуються підвищеним рівнем шуму</p>	<p>Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; захисні екрани, ізоляція джерел шуму, дистанційне керування обладнання</p>	<p>Навушники протишумні чи вкладиші протишумні</p>
<p>Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з електричним струмом, що викликані різницею електричних</p>	<p>Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; встановлення огорожі;</p>	<p>Спецодяг</p>

потенціалів, під дію якого може потрапити працівник, включно із дією блискавки	заземлення обладнання; ізоляція струмопровідних частин, засоби аварійного відключення обладнання, діелектричні килимки	
Відсутність чи недостатність необхідного природного освітлення	Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; застосування штучного освітлення	Захисний одяг від загальних виробничих забруднень
Фізичне динамічне навантаження	Інструктаж з охорони праці у відповідності до вимог нормативної документації; прилад огорожуючий	Захисний одяг від загальних виробничих забруднень та механічних впливів, наруківники, фартух для захисту від загальних виробничих забруднень та механічних впливів з нагрудником

Запропоновані заходи дадуть можливість суттєво знизити або повністю усунути вплив професійних ризиків, що виникають під час технологічного процесу, що позитивно позначиться на безпеці працівників цього виробничого підрозділу.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		56

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблявся технологічний процес механічного оброблення деталі «кронштейн 01.025.002», матеріал деталі - сталь 45ХГЛ, ДСТУ 8781:2018. Технологічний процес розроблявся із

В кваліфікаційній роботі, в розрахунково-пояснювальній записці, наведено аналіз конструкції заданої деталі, аналіз, з метою виявлення недоліків, базового (заводського) технологічного процесу її виготовлення, технологічність та тип виробництва.

Також в розрахунково-пояснювальній записці наведено метод виготовлення заготовки, розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення кронштейна з використанням сучасного металорізального устаткування з ЧПК, розраховані припуски на оброблення, призначені режими різання за калькулятором провідної фірми Sandvik Coromant, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками.

За допомогою САМ – пакету Autodesk Fusion створено програму оброблення 5-ти осьовому оброблювальному центр AVIA X-5 1300/630.

В конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для встановлення заготовки під час фрезерування бобишки та контрольний пристрій для контролювання допуску перпендикулярності отвору $\varnothing 23H7$ відносно торця деталі.

В розділі «Охорона праці» наведені заходи, які слід проводити для безпеки оператора та стабільності роботи обладнання під час роботи 5-координатного фрезерного верстата з ЧПК. Також було проведено оцінювання безпеки спроектованого технологічного процесу за методикою, викладеною у національному стандарті ДСТУ EN ISO 13849-1:2018, проведено ідентифікацію професійних ризиків та запропоновано методи та засоби зниження професійних ризиків.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8833:2019 Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні.
3. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
4. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи за освітньо-професійною програмою – 131 Технології машинобудування; / Укладачі: А. І. Гордєєв, В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 39 с.
5. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
6. ДСТУ EN 1550:2018 Безпечність металорізальних верстатів. Вимоги щодо безпеки у разі проектування та виготовлення патронів для оброблюваних деталей (EN 1550:1997 + A1:2008, IDT).
7. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/STZVO-HPI-2.01-2018-SSONP.-Diplomni-proekti-ta-diplomni-roboti.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>.
8. СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Текстові документи у сфері навчального процесу <http://web.kpi.kharkov.ua/business/wp-content/uploads/sites/176/2018/03/STVUZ-HPI-3.01-2010.pdf>.
9. МАШІНТЕХ. [Електронний ресурс]. – Режим до ступу до каталогу: <https://www.met.ua/p/vertikalni-obrobni-tsentri-avia-seriya-x-5/>.
10. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 - 353 с., іл.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

11. Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
12. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
13. Basics of mechanical engineering: integrating science, technology and common sense / Paul D. Ronney Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Southern California – 2021; 142 p. / <http://ronney.usc.edu/ame101/>
14. Fundamentals of CNC Machining / A Practical Guide for Beginners/ Copyright 2014 Autodesk, Inc. https://academy.titansofcnc.com/files/Fundamentals_of_CNC_Machining.pdf
15. Sandvik. Coromant. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <http://www.sandvik.coromant.com>
16. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
17. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2022. – 422 с.
18. Ю.І. Бойко, к.т.н., доц. 1 , Д.Ю. Слабій, маг. 1 , В.А. Яновський, доц. 2 , Ю.О. Коваль, маг. 2 , Національний університет харчових технологій (НУХТ) 1 , Державний університет «Житомирська політехніка» 2 ВИКОРИСТАННЯ САПР FUSION 360 ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ШВИДКОЗНОШУВАНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		59