

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Шестерня конічна 5154-18-22» 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 ДІ.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2  Максим ПАВЛЮК
Шифр Назва Ім'я, прізвище

Керівник канд. техн. наук, доцент  Володимир МИЛЬКО
Науковий ступінь, звання Ім'я Ім'я, прізвище

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент  Сергій БИСЬ
Ім'я Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК
Назва Ім'я Ім'я, прізвище

Дата «27» 06 2025


Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

7 . 02 . 2025

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Павлюк Максим Русланович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Щестерня конічна 5154-18-22"
з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Милько Володимир Володимирович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 17 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі щестерня конічна 5154-18-22 та
технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 1 тис. шт.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: креслення деталі із 3D моделлю (1 лист А2);
графотехнологія (1 лист А1); креслення карти наладки (1 лист А2); креслення верстатного
пристрою (1 лист А1); креслення контрольного калібру (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 15.05.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.05.2025	
2 Технологічний розділ	30.05.2025	
3 Конструкторський розділ	10.06.2025	
4 Охорона праці	15.06.2025	

Студент


Підпис

Максим ПАВЛЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Володимир МИЛЬКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Павлюк Максим Русланович на захист дипломного проєкту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Шестерня конічна 5154-18-22» з використанням верстата з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Павлюк М.Р. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 2,56 %, добре 26,21 %, задовільно 69,23 %.

шкалою ЄКТС: А 1,82 %, В 5,45 %, С 27,27 %, D 23,64 %, E 11,82 %

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Павлюк М.Р. повністю виконав
завдання, яке було заплановано для
випроцання під час виконання «впли-
вності» роботи. За результатами оцінки
удовіль.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

5,0/6

Керівник дипломного проєкту

[Підпис]

Мельник С.В.

2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Павлюк М.Р. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

[Підпис] Віталій ГЕВЧУК

20.06

2025 р.

Завідувачу кафедри *ТМ*
Віталію ТКАЧУКУ

здобувача вищої освіти (студента
ПБ, факультет, «курс», «група»)
Максима ПАВЛЮКА
ФІТА, сф. ПМБ-22-2

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 моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism 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 моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

дата

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення деталей машинного інструменту
 Автор Павлюк Максим
 Освітня програма Техніко-технічний механік машинобудування
 Рівень вищої освіти Бакалавр
 Спеціальність механік металів
 Науковий керівник: Мельник В.В.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	✓
1.2	Виявлені запозичення не є академічним 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.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним 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 доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укряття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження: Акт - плагіатом - 9/1
кер. В.Мельник - 9.7.16

Дата

Завідувач кафедри В.Мельник
 Підпис В.Мельник
 Гарант освітньої програми В.Мельник
 Підпис В.Мельник
 Керівник кваліфікаційної роботи В.Мельник
 Підпис В.Мельник

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект студента Максима ПАВЛЮК
Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Шестерня конічна 5154-18-22 » з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи, згідно із завданням.

У дипломному проєкті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення штока з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на оброблення, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

В конструкторській частині розроблено конструкцію пристрою для оброблення деталі та спроектовано контрольний інструмент. Всі рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

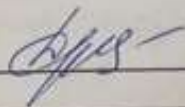
Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень здобувача, як сформованого молодого спеціаліста.

У розрахунково-пояснювальній записці зустрічаються граматичні помилки.

Дипломний проект, виконаний згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: _____



_____ / Дробот О.С. /

« 27 » « червня » 2025 р.

Реферат

Дипломного проекту на тему:

Технологія виготовлення деталі " Шестерня конічна 5154-18-22" з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Павлюк Максим

Керівник: к.т.н., доцент Милько Володимир Володимирович

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічного процесу виготовлення шестерні конічної 5154-18-22 із застосуванням верстатів з ЧПК.

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічного процесу виготовлення деталі — шестерні конічної 5154-18-22 зі сталі 20ХН3А, що широко застосовується у вузлах передавання обертового моменту. Основною метою проєкту є підвищення ефективності виробництва, зменшення витрат часу на виготовлення однієї деталі, а також забезпечення високої точності та якості обробки за рахунок використання сучасного обладнання — верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

У ході проєкту було проаналізовано конструкцію деталі, обґрунтовано вибір заготовки та матеріалу. Проведено вибір технологічних баз і розроблено маршрут обробки. Здійснено розрахунок припусків на обробку та режимів різання для основних операцій. Особливу увагу приділено підбору сучасного ріжучого інструменту та оснащення. Розроблено керуючу програму для обробки шестерні у САМ-системі Esprit, а також перевірено траєкторії руху інструменту у віртуальному середовищі.

Після впровадження нової технології очікується зменшення браку, підвищення стабільності обробки, скорочення технологічного циклу виготовлення та зниження витрат на інструмент.

Автор:

Максим ПАВЛЮК

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Задачі дипломного проєктування	8
1.2 Службове призначення та конструкція деталі та машини в цілому	9
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.4 Аналіз виробничих та літературних даних за технологією виготовлення аналогічних деталей	11
1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Вибір та обґрунтування методу виготовлення заготовки	13
2.1.1 Економічне обґрунтування вибору способу виготовлення заготовки	13
2.2 Вибір настановних технологічних баз	15
2.3 Визначення розмірів та оформлення ескізу заготовки	16
2.4 Розробка технологічного маршруту механічної обробки заготовки	18
2.4.1 Вибір маршруту обробки окремих поверхонь	18
2.4.2 Розробка маршруту обробки деталей	20
2.5 Розрахунок припусків	27
2.6 Розрахунок режимів різання та технологічної норми часу для виконання операцій технологічного процесу	31
2.7 Розробка керуючої програми в САМ Esprit для обробки шестерні конічної 5154-18-22	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Розрахунок пристосування	39

ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		Павлюк М.Р		
Перев.		Милько В.В.		
Н. контр.		Бись С.С.		
Затв.		Гкачук В.П.		
Технологія виготовлення деталі «Шестерня конічна 5154-18-22» з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		Н	5	
ХНУ гр. ПМТс-22-2				

3.2 Розрахунок калібра-пробки для контролю отвору $\text{Ø}62\text{H}7(+0,03)$	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, умов праці на робочих місцях, вибір методів та засобів захисту при виконанні технологічного процесу	44
4.2 Вимоги безпеки до автоматизованих ділянок	47
ВИСНОВКИ	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55
ДОДАТКИ	58

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Основою конкурентоспроможності будь-якої продукції є її якість та ступінь новизни цієї продукції. Це твердження актуальне і у машинобудування, оскільки надійність та працездатність будь-якої техніки забезпечується її якістю. Якість машин залежить від точності виготовлення деталей, що включаються до складу машини. Для забезпечення точності виготовлення деталей за мінімум витрат необхідно правильно вибрати тип виробництва, методи отримання заготовок і маршрут обробки деталей. При розрахунку технології виготовлення деталі необхідно враховувати річну програму випуску, можливість використання тих чи інших верстатів, а також враховувати метод отримання заготовки. При виборі маршруту обробки деталі потрібно намагатися повністю завантажити верстати і прагнути меншого застосування номенклатури верстатів.

Тільки при правильному виборі типу виробництва та виборі маршруту обробки деталі можна отримати конкурентоспроможну продукцію і, отже, отримати максимальний прибуток від виробництва машини.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Задачі дипломного проектування

Метою даного дипломного проекту є створення оптимального та високо-ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Шестерня конічна 5154-18-22», що відповідає сучасним вимогам до точності, якості обробки, продуктивності та із застосуванням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

У процесі розробки технологічного процесу передбачено вирішення таких ключових завдань:

- здійснити аналіз функціонального призначення деталі та встановити вимоги до її точності, шорсткості поверхонь і геометричних параметрів;
- аргументувати вибір заготовки з урахуванням мінімізації припусків та обсягів механічної обробки;
- сформулювати маршрути обробки окремих поверхонь та визначити технологічні бази;
- розробити повний новий технологічний маршрут із складанням операційних карт, що містять детальний опис усіх переходів;
- здійснити підбір ріжучого інструменту, оснащення, технологічного оснащення та режимів різання для кожної операції;
- створити керуючу програму для обраних операцій обробки з використанням САМ-системи (наприклад, ESPRIT) для верстатів з ЧПК;
- здійснити розрахунки, пов'язані з забезпеченням необхідної точності обробки, оцінкою продуктивності, вибором оптимального інструменту та визначенням нормативів часу на виконання операцій;
- проаналізувати аспекти охорони праці та безпеки виробничого процесу під час реалізації технологічних операцій;
- провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованої технології у серійне виробництво.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2 Службове призначення та конструкція деталі та машини в цілому

Трактори сімейства Т-40 – це універсально-просапні трактори тягового класу 0,9. Вони призначені для передпосівної обробки ґрунту, посіву, посадки овочів, догляду за посівами, міжрядної обробки овочевих культур та садів, збирання сіна та інших фермерських та транспортних робіт. Вони можуть використовуватися для приводу стаціонарних машин, вантажно-розвантажувальних, дорожніх, будівельних та інших робіт.

Ця деталь (шестерня конічна) 5154-18-22 служить передачі крутного моменту від головного валу зчеплення до первинного валу коробки зміни передач. Ця шестірня у складі конічної передачі передає крутний момент під кутом 90° на первинний вал коробки передач за допомогою муфти реверсу, яка у разі руху трактора вперед пересувається по шліцах на первинному валу коробки передач і своїм зовнішнім зубчастим вінцем входить у зачеплення з внутрішнім. При цьому зовнішній зубчастий вінець цієї шестерні входить у зачеплення з конічною провідною шестернею, яка обертається разом з валом головного зчеплення.

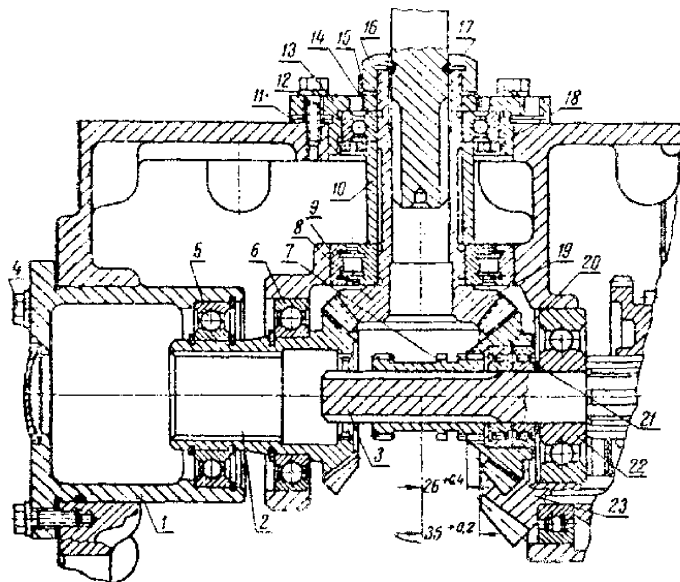


Рисунок 1.1 – Вузол редуктор

У разі руху трактора назад (за допомогою реверсу) ведена конічна шестерня (дана шестерня) не передає крутний момент (оскільки муфта реверсу в цьому

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

випадку виходить з зачеплення з цією шестернею і входить в зачеплення з іншою шестернею), а просто обертається на підшипнику.

Зовнішній вінець конічної веденої шестірні виконаний з круговим зубом (для зменшення шуму від передачі та збільшення переданого моменту, а також підвищення кінематичної точності та збільшення терміну служби).

Таблиця 1.1 – Хімічних властивостей сталі 20ХН3А по ДСТУ 7806:2015

Елемент	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
Склад у %	0,16-0,22	0,3-0,6	0,17-0,37	1,25-1,65	3,25-3,65	не більше 0,025	не більше 0,025	не більше 0,3

Таблиця 1.2 – Механічних властивостей для сталі 20ХН3А по ДСТУ 7806:2015

σ _T , МПа	σ _B , МПа	δ, %	ψ, %	α	Твердість	
					Серцевини НВ	Поверхні НRC
830	1080	9	35	78	321-420	57-64

Дану сталь 20ХН3А можна замінити сталлю 20ХН2М або сталлю 20Х2Н4А з аналогічними хімічними та механічними властивостями.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Дана деталь виготовляється на токарному, зубофрезерному та протяжному верстатах.

Форма центрального отвору цієї деталі складна, так як цей отвір має ступені різних діаметрів, причому один з ступенів (для запресування підшипника) повинен бути оброблений з шорсткістю $R_a=1,25$ мкм. Така конструкція центрального отвору ускладнює обробку деталі, викликаючи необхідність застосування револьверних верстатів та напівавтоматів.

Ця шестерня має складну конфігурацію зовнішнього контуру зубчастого колеса, оскільки у даної шестерні є ступиця, що виступає, але вона виступає з одного боку, що не викликає збільшення кількості зубофрезерних верстатів при

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

обробці зубчастого вінця на $25...30^\circ$ (у випадку маточини, що виступає з двох сторін).

Дана деталь не має перемички між маточиною та вінцем, тому при термообробці даної деталі не виникає її перекосів та спотворень форми.

Шестерня має канавку виходу різця неправильної форми, так як канавка має різні радіуси заокруглень та фаску з одного боку під кутом 45° .

Для цієї деталі є можливість багаторізевої обробки, оскільки співвідношення діаметрів та відстань між ними дозволяє робити це.

Спрощення цієї деталі неможливе.

Для даної шестерні є можливість безпосереднього виміру на кресленні розмірів (принаймні деяких) навіть за її встановлення на верстаті.

Найбільш раціональним способом отримання заготовки є штампування.

1.4 Аналіз виробничих та літературних даних за технологією виготовлення аналогічних деталей

На підставі аналізу літературних даних рекомендується наступний набір операцій:

- поковка заготовки;
- підрізування торця;
- попереднє обточування зовнішніх поверхонь заготовки;
- розточування отвору;
- чистове обточування зовнішніх поверхонь заготовки;
- фрезерування зубів;
- контроль на обкатному верстаті;
- цементация поверхні;
- шліфування внутрішнього отвору та торців;
- промивання деталі;
- контроль, підбір зубчастих пар на обкатному верстаті;
- перевірка кінематичної точності;

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

- постановка клейма.

1.5 Визначення типу та організаційної форми виробництва

На цьому етапі проектування технологічного процесу механічної обробки заданої деталі тип виробництва визначається шляхом укрупненого нормування 3х-4х основних операцій.

Такт випуску визначається відповідно до заданої програми випуску.

Штучний час визначається за формулами укрупненого нормування, наведених.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою 1.1:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum n_i}{\sum M_{ПРi}} = \frac{735,9}{5} = 147,2 \quad (1.1)$$

У зв'язку з тим, що коефіцієнт закріплення операцій дуже великий ($K_{з.о.} = 147,2$), а річна програма випуску $N = 1000$ штук на рік, цей тип виробництва буде дрібносерійним. Велике значення коефіцієнта закріплення операцій пов'язані з двозмінним режимом роботи, оскільки при двозмінному режимі економічні витрати мінімальні через тривалість світлового дня, тобто мінімальних витрат на електроенергію тощо, а також більш раціонального розподілу та використання виробничого часу.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір та обґрунтування методу виготовлення заготовки

2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору способу виготовлення заготовки

В якості 2х конкурентних способів виготовлення заготовки вибираємо спосіб отримання заготовки штампуванням в закритих штампах на штампувальних молотах і спосіб отримання заготовки в закритих штампах на кривошипних кувальних пресах.

Розрахункова маса заготовки розраховується за формулою 2.1:

$$M_{з.р.} = M_{\partial} \cdot K_p, \quad (2.1)$$

де

M_{∂} – маса готової деталі;

K_p – розрахунковий коефіцієнт; для штампування у закритих штампах $K_p=1,5\div 1,8$, приймаємо $K_p=1,65$ для штамповки на молотах .

Тоді

$$M_{з.р.} = 1,023 \cdot 1,65 = 1,7 \text{ кг}$$

Вартість заготовок визначаємо за формулою 2.2:

$$S_{ЗАГ} = \frac{ж}{и} \frac{C_i}{1000} Q \chi_{KT} \chi_{КС} \chi_{KB} \chi_{KM} \chi_{KL} \chi_{\frac{Ц}{Ш}} - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (2.2)$$

де

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

C_i – базова вартість 1т заготовок, у.о.;

$S_{відх}$ – ціна 1т відходів, у.о.

Для заготовок із сталі 20ХН3А за ДСТУ 7806:2015, одержуваних

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

штампуванням на штампувальних молотах:

$$k_T=1;$$

$$k_M=1,21;$$

$$k_D=1,61;$$

$$k_C=0,84;$$

$$k_{II}=0,8;$$

$$C_i=160 \text{ у.о}$$

$$S_{\text{відх}}=26 \text{ у.о.}$$

Тоді вартість заготовки визначається:

$$S_{ЗАГ} = \left(\frac{160}{1000} 1,7 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 0,8 \cdot 1,61 \cdot 0,84 \right) - (1,7 - 1,023) \frac{26}{1000} = 3,38 \text{ у.о.}$$

Для штампування на кривошипних пресах маса поковки на 10-15% нижче, ніж для штампування на штампувальних молотах, тоді розрахункова маса заготовки:

$$M_{з.р.} = 1,5 \text{ кг.}$$

Для заготовок із сталі 20ХН3А за ДСТУ 7806:2015, одержуваних штампуванням на кривошипних пресах:

$$k_T=1;$$

$$k_M=1,21;$$

$$k_D=1,61;$$

$$k_C=0,84;$$

$$k_{II}=0,8;$$

$$C_i=160 \text{ у.о}$$

$$S_{\text{відх}}=26 \text{ у.о.}$$

Тоді вартість заготовки, одержуваної на кривошипних пресах:

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

$$S_{ЗАГ} = \left(\frac{160}{1000} 1,5 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 0,8 \cdot 1,61 \cdot 0,84 \right) - (1,5 - 1,023) \frac{26}{1000} = 3,02 \text{ у. о.}$$

Таким чином, вартість заготовок, одержуваних на кривошипних штампах нижче вартості заготовок, одержуваних на штампувальних молотах і крім того, точність заготовок, одержуваних на кривошипних пресах вища, ніж точність заготовок, що одержуються на штампувальних молотах. Тому як спосіб отримання заготовок вибираємо спосіб отримання заготовок на кривошипних пресах. Так як точність заготовок у цьому випадку вище, то витрати на механічну обробку в цьому випадку будуть також менші.

2.2 Вибір настановних технологічних баз

Опорно-настановною базою називаються поверхні оброблюваної деталі, при контакті яких з настановними поверхнями верстата або пристосування деталь орієнтується в потрібному напрямку з необхідною точністю.

Базування заготовки при обробці торця з боку внутрішнього отвору та при обробці внутрішнього отвору має такий вигляд:

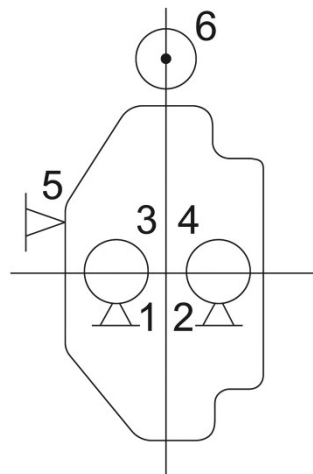


Рисунок 2.1 – Базування заготовки при обробці правого торця

Базування заготовки при обробці торця з боку конуса та при обточуванні зовнішніх поверхонь, а також при зубонарізанні (тобто при закріпленні заготовки на гідропластмасовій оправці тощо) має вигляд:

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

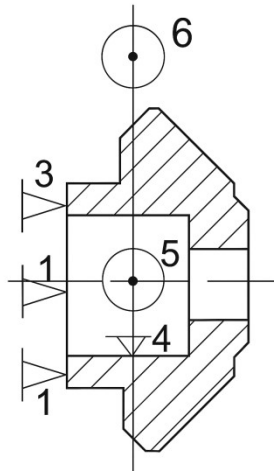


Рисунок 2.2 – Базування заготовки при обробці торця з боку конуса
 Базування при протягуванні шліців має вигляд:

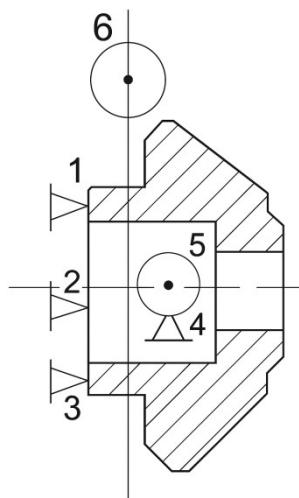


Рисунок 2.3 – Базування при протягуванні шліців

2.3 Визначення розмірів та оформлення ескізу заготовки

На підставі того, що як спосіб отримання заготовки обрано гаряче штампування в закритих штампах на кривошипних пресах, визначимо розміри заготовки.

При штампуванні в закритих штампах припуски на заготовці масою до 40 кг і розмірами до 800 мм за ДСТУ 7505-74 складають від $0,6 \div 1,2$ до $3 \div 6,4$ мм.

Ця заготовка виконана із сталі групи М1 – сталь із вмістом вуглецю до 0,35% та сумарною масовою часткою легуючих елементів до 2% включно, т.к. дана заготовка виконана із сталі 20ХН3А за ДСТУ 7806:2015.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

Клас точності заготовки приймаємо Т5.

Відповідно до відношення $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}$ (маса (об'єм) поковки/маса (об'єм) геометричної фігури) для $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}=0,54$ приймаємо ступінь складності С2.

Відповідно до цих даних вихідний індекс поковки дорівнює 7.

Відповідно до цього індексу припуски та допуски на розміри поковки становлять:

- для розмірів до 40 мм:

$$0,9^{+0,6}_{-0,3}$$

- для розмірів 40-63 мм:

$$1,0^{+0,7}_{-0,3}$$

- для розмірів 63-100 мм:

$$1,2^{+0,8}_{-0,4}$$

- для розмірів 100-160 мм:

$$1,4^{+0,9}_{-0,5}$$

Допустима величина зсуву по поверхні роз'єму штампу 0,7 мм.

Ескіз заготовки:

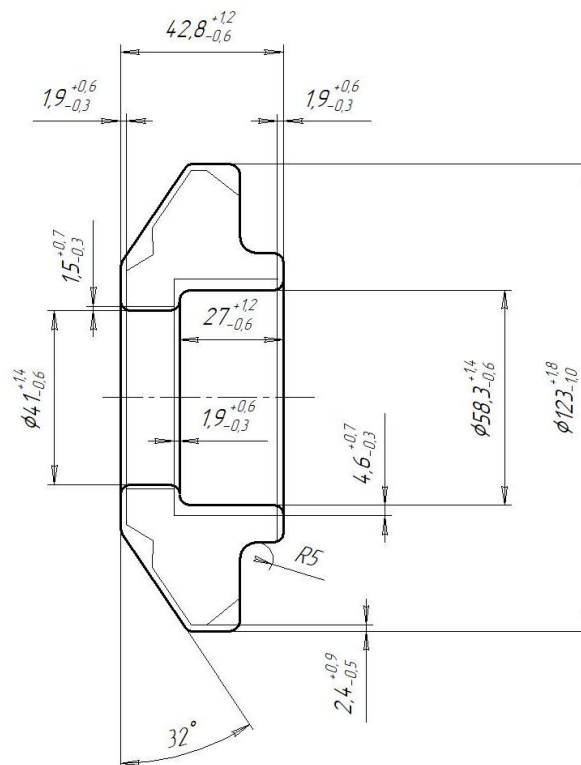


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

2.4 Розробка технологічного маршруту механічної обробки заготовки

2.4.1 Вибір маршруту обробки окремих поверхонь

а) Зубчаста поверхня:

Для зубчастих коліс грубіше 8-го ступеня точності (зубчасті колеса та шестерні вантажних автомобілів, тракторів тощо) остаточною обробкою зубчастої поверхні є чистове зубонарізання.

Так як для цієї конічної шестірні максимальний ступінь точності – 9-а, то для неї остаточною обробкою буде чистове зубонарізання.

Як попередня обробка зубчастої поверхні необхідно застосувати чорнове зубонарізання.

б) Отвір для запресування підшипника 62 мм точністю 7-го квалітету з шорсткістю $R_a = 1,25$ мкм.

Зважаючи на те, що в цей отвір запресовується підшипник і воно має шорсткість $R_a = 1,25$ мкм, то остаточною обробкою для даної поверхні буде шліфування на внутрішньошліфувальному верстаті або тонке розточування. Але тонке розточування внутрішнього отвору не застосовується, так як ще необхідно обробляти внутрішній торець після термообробки, тому як остаточною обробку необхідно застосувати шліфування внутрішнього отвору з одночасним шліфуванням внутрішнього торця цього отвору.

Попередня обробка даної поверхні складатиметься з чорнового зенкерування, а також чистового зенкерування та проточування канавки для виходу шліфувального круга.

в) Внутрішня шліцева поверхня зовнішнім діаметром $\varnothing 54$ мм, точністю 12-го квалітету та шорсткістю $R_a = 12,5$ мкм, внутрішнім діаметром $\varnothing 46,7$ мм з точністю 11-го квалітету шорсткістю $R_a = 10$ мкм.

Остаточна точність даної поверхні забезпечується протягуванням, то остаточним методом обробки даної поверхні буде протягування.

Оскільки шорсткість даної поверхні $R_a = 10$ мкм, попередніми методами обробки будуть напівчистове і чорнове зенкерування.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

г) Зовнішня конічна поверхня шестерні (зовнішня поверхня вершин зубів), шорсткістю $R_a = 12,5$ мкм:

Як остаточну обробку даної поверхні буде напівчистове обточування на верстаті токарної групи.

Як попередня обробка – чорнове обточування на верстаті токарної групи.

д) Зовнішній торець з боку отвору 62 мм, шорсткість торця $R_a = 2,5$ мм.

Як остаточна обробка застосовується чистове обточування на верстаті токарної групи.

Як попередня обробка застосовується напівчистове і чорнове обточування на верстаті токарної групи.

е) Внутрішній торець в отворі $\varnothing 62$ мм, шорсткість торця $R = 1,25$ мкм:

В якості остаточної обробки даної поверхні застосовується шліфування на внутрішньошліфувальному верстаті.

Як попередня обробка застосовується напівчистове і чорнове обточування на верстаті токарної групи.

ж) Зовнішній торець з боку шліців, шорсткістю $R_a = 12,5$ мкм:

Як остаточну обробку застосовується напівчистове обточування і зняття фаски на верстаті токарної групи.

Як попередня обробка застосовується чорнове обточування на верстаті токарної групи.

з) Конічна поверхня з боку маточини з шорсткістю поверхні $R_a = 12,5$ мкм:

Як остаточна обробка необхідно застосувати напівчистове обточування.

Як попередню обробку необхідно застосувати чорнове обточування на верстаті токарної групи.

і) Зовнішня поверхня маточини $\varnothing 75$ мм з точністю 14-го квалітету та шорсткістю $R_a = 12,5$ мкм:

Як остаточна обробка даної поверхні застосовується напівчистове обточування на верстаті токарної групи.

Як попередня обробка даної поверхні застосовується чорнове обточування на верстаті токарної групи.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

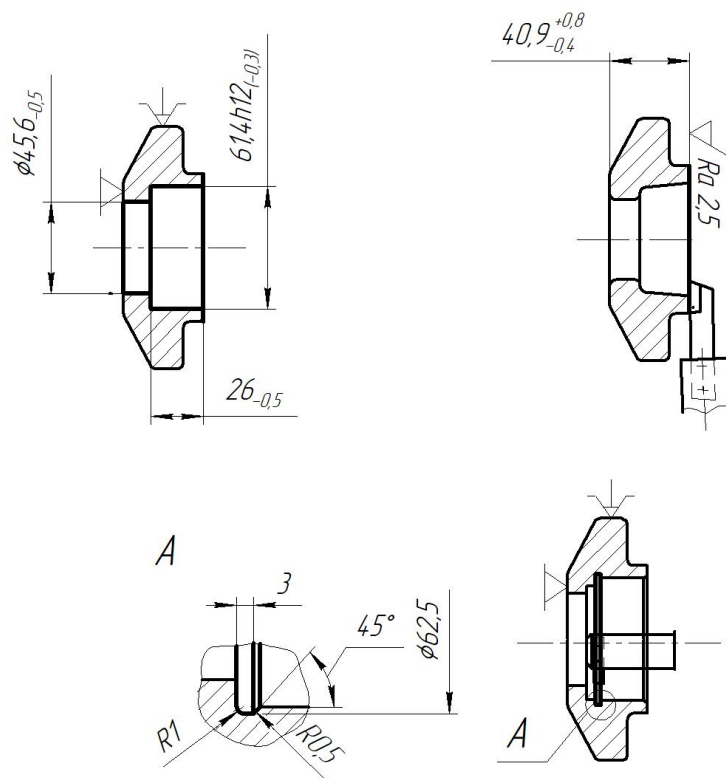
2.4.2 Розробка маршруту обробки деталей

Операція 010 – токарна чорнова обробка

Верстат: Токарний ЧПК типу HAAS ST-20



Чорнова токарна обробка в 1 установлення з однією базою. Метою є отримання припусків під подальшу чистову обробку – створення базових поверхонь, отвору, фасок і торця.



Виконувані переходи:

Встановлення заготовки у трикулачковий патрон ЧПК-верстата.

Базування — по зовнішній циліндричній поверхні (\varnothing зовн.) та торцю.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ

Арк.

24

Підрізання торця до розміру 40,9 мм, чистовим різцем.

Шерсткість поверхні – Ra 6,3.

Чорнове та чистове розточування внутрішнього отвору $\varnothing 61,4$ H12, глибиною 26 мм.

Чорнове розточування отвору $\varnothing 45,6$ мм під остаточну обробку в наступній операції.

Чистове оброблення канавки: $\varnothing 62,5$ мм, глибина та ширина згідно креслення.

Одночасно виконується зняття фаски $3 \times 45^\circ$.

Оформлення радіусів: внутрішній R0,5 мм, зовнішній радіус R1 мм — фасонним розточувальним різцем.

Інструмент:

Різець підрізний: Sandvik DCLNR 2525M12 + пластина CNMG 120408-PM 4325 — для торця.

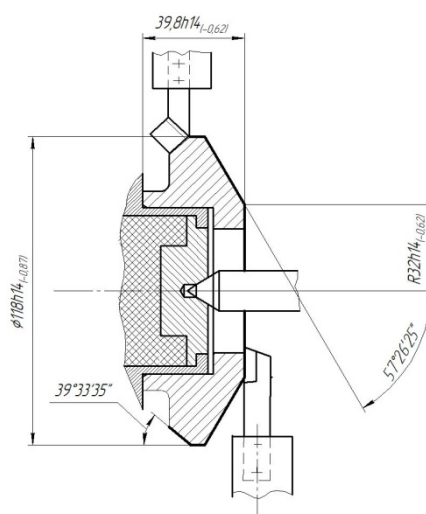
Різець розточувальний: SCLCR/L 2020K09 + пластина CCMT 09T304-PM KCP25 — для отворів $\varnothing 45,6$ та $\varnothing 61,4$.

Різець фасонний (радіуси): спеціальний R профілю, або форма вставки — за кресленням.

Операція 015 Чистова токарна підрізка та конічна обробка

Верстат: Токарний ЧПК типу HAAS ST-20

Пристрій – гідро пластмасова оправка



					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

Деталь встановлюється у контршпindelь або гідропластовий патрон, базування — по чистовому отвору $\varnothing 61,4$ H12 мм (який уже оброблено в операції 010), та по торцю.

Оброблювані поверхні:

1. Чистова підрізка торця в розмір $\varnothing 39,8$ h14.
 - Розмір: довжина до центру конуса (по кресленню).
 - Шорсткість: Ra 3,2.
2. Чистове точіння конічної поверхні:

Конус R32h14 +0,062 на кут $57^{\circ}26'25''$.

Поверхня має увігнуту форму – потрібен точний контроль кута та розміру.

Шорсткість: Ra 3,2 або згідно ТП.

3. Чистове точіння циліндричної поверхні $\varnothing 118$ h14
4. Контроль конуса $\varnothing 39,8$ h14.

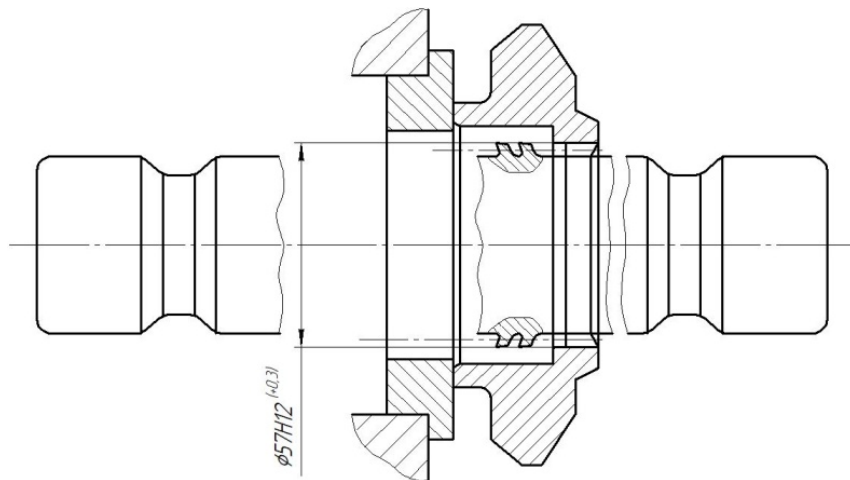
Інструмент:

Прохідний різець з пластинами CNMG (наприклад, Sandvik DCLNR 2525M12, пластина CNMG 120408-PM 4325) – для підрізки та формування торця.

Фасонний прохідний різець або універсальний радіусний/конічний різець з програмним керуванням подачі по Z та X – для формування R32 на заданий кут.

Операція 020 – Протягування шліців

Протяжний верстат горизонтального моделі 7Б35



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ

Арк.

26

Протяжка для шліців внутрішніх (по ISO 14/4156), з профілем шліців, що відповідає посадці Ø57H12.

Кількість зубів: 22 (відповідно до конструкції шліца)

Модуль: $m = 2,25$

Кут профілю: $\alpha = 20^\circ$

Коефіцієнт зміщення: $x = 0$

Висота головки зуба: $h_a = 2,25$ мм

Висота впадини зуба: $h = 3,65$ мм

Ділильний діаметр: $d = 49,5$ мм

Посадка: Внутрішній шліц H, зовнішній zN (відповідно до ISO систем)

Шорсткість: Ra 1,6 або згідно ТП

Охолодження: Масляна емульсія або мінеральна олива

030 Зубострогальна

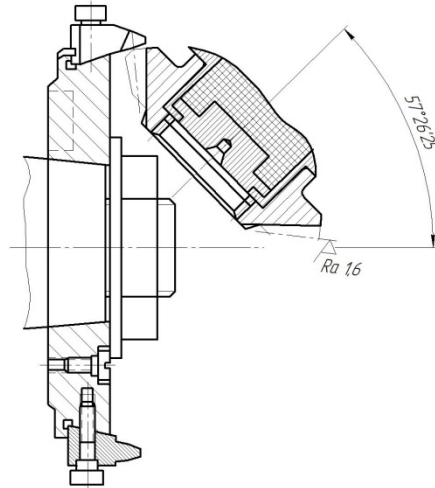
Зубострогальний горизонтального типу моделі 5A125

Строгати конічний зубчастий вінець

Таблиця 2.1 – Основні параметри зубчастого вінця

Параметр	Значення
Зубчастий вінець	E
Середній нормальний модуль, m_n	4,18207
Число зубів, z	23
Тип зуба	Круговий
Осова форма зуба	II (за ДСТУ)
Середній кут нахилу зуба, β_n	15°
Напрямок зуба	Ліве
Базовий контур	Відповідно до ДСТУ ISO 53-2001
Коефіцієнт зміщення, x_n	-0,116
Коефіцієнт зміни товщини зуба, x_t	0
Кут ділильного конуса	$50^\circ 26' 25''$
Номинальний діаметр зубчастої головки, d_0	228,6 мм

Операція 030 Зубонарізна



Спосіб: Нарізання методом зворотно-поступального руху різця з обертанням заготовки.

Глибина різання: Визначається за модулем та глибиною впадини $h=3,65$ мм

Точність: Контроль індикатором по нормованому профілю.

Шорсткість поверхні зуба: Ra 1.6

Операція 040 — Внутрішнє шліфування

Назва операції: Чистове внутрішнє шліфування отвору $\varnothing 62$ H7

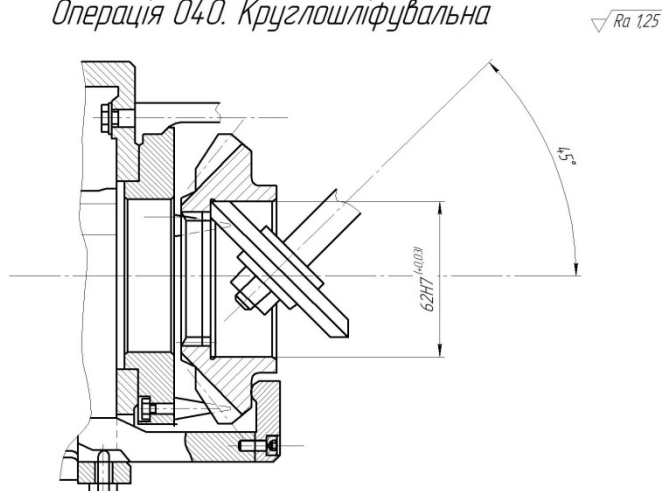
Ціль операції: Отримання точної циліндричної отворної поверхні з високою чистотою Ra 1,25 та забезпечення якості H7

Устаткування:

Верстат: Внутрішньошліфувальний типу 3К227

Тип шліфувального круга: електрокорунд білий 63С F60–F80, зв'язка В2-01

Операція 040. Круглошліфувальна



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ

Арк.

28

Базування та закріплення:

Базування: по зовнішній циліндричній поверхні та торцю

Закріплення: у центрах або з допомогою призматичного пристосування

Оброблювана поверхня:

Отвір Ø62 H7 (допуск: 62 +0,021 / 0 мм)

Глибина обробки – згідно креслення

Фаска 45° – формування знімання задирок після шліфування

Шорсткість: Ra 1,25

Режими шліфування (рекомендовані):

Швидкість обертання деталі: 80–120 об/хв.

Швидкість круга: 20–25 м/с

Подача: 0,5–1 мм/хв.

Глибина припуску: 0,02–0,03 мм на бік за один прохід

Контроль:

Внутрішній мікрометр / 3-точковий нутромір

Контроль Ra – індикатором шорсткості (профілометром)

Примітки:

Використовувати охолоджувальну рідину (емульсія або мінеральне масло)

Після обробки – витримати деталь 1–2 хв для температурної стабілізації перед контролем

Операція 045. Цементация та термічна обробка

Мета обробки:

Підвищення зносостійкості робочих поверхонь зубчастого вінця шляхом насичення поверхневого шару вуглецем (цементация) з наступною термічною обробкою для формування високої твердості поверхні при збереженні в'язкої серцевини.

Використовуване обладнання:

Піч для цементации з контролем атмосфери (типу СШЦ-10 або аналогічна).

Піч для гартування та відпуску (електропіч або газова камера).

Характеристика обробки:

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Матеріал деталі: сталь 20ХН3А.

Температура цементації: 900–930 °С.

Тривалість цементації: 6–8 годин (залежно від необхідної глибини шару).

Глибина цементованого шару: 0,8–1,2 мм.

Охолодження після цементації: повільне до 200–300 °С або безперервне з нагрівом до температури гартування.

Гартування:

Температура нагріву: 860–880 °С.

Середовище охолодження: масло або сольова ванна.

Ціль: досягнення поверхневої твердості HRC 58...62.

Відпуск:

Температура: 150–180 °С.

Тривалість: 1–2 години.

Мета: зняття внутрішніх напружень після гартування.

Контроль після обробки:

Перевірка твердості: шар HRC 58...62.

Глибина шару: 0,8–1,2 мм.

Контроль деформацій: перевірка биття, контроль геометричних розмірів.

Технічні вимоги після обробки:

Твердий поверхневий шар на зубах шестерні та циліндричних посадочних ділянках.

Серцевина повинна зберігати пластичність (твердість не більше HRC 30...35).

050 Контрольна

Мета операції: Контроль геометричних, фізичних і посадочних параметрів деталі після обробки

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Параметри контролю

№ п/п	Контрольований параметр	Засіб контролю	Нормативне значення	Примітка
1	Контроль профілю зуба	Контрольна шестерня, фарбовий контакт	Пляма контакту у межах робочої зони	Згідно ДСТУ ISO 1328-1
2	Кут профілю та міжосьова відстань	Зубомір, координатно-вимірювальна машина	Згідно креслення	
3	Діаметр отвору	Нутромір, калібр-пробка	Ø39.8 h14	Контроль з обох боків
4	Співвісність отвору і вінця	Індикатор на плиті	≤ 0.03 мм	
5	Шорсткість поверхні зуба	Профілометр	Ra ≤ 1.6 мкм	
6	Твердість поверхні зуба	Твердомір HRC	58–62 HRC	Після цементації

2.5 Розрахунок припусків

Заготовка – штампування на кривошипних пресах нормальної точності, маса заготівлі 1,5 кг.

Розрахуємо припуски на механічну обробку для отвору Ø 62,7 М7.

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами на обробку поверхні Ø62,7М7 провідної шестерні.

Таблиця 2.3 – Розрахунок припусків та граничних розмірів.

Технологічні переходи оброб. поверхн. Ø62,7М7	Елементи припуску, мм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мм	
	R _Z	T	ρ				d _{min}	d _{max}	$2Z_{\min}^{пр}$	$2Z_{\max}^{пр}$
Заготовка	150	200	1220	-	58,28	1000	57,27	58,27	-	-
Зенкерування: Чорнове	50	50	61	2·1570	61,41	300	61,11	61,41	3840	3140

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

Отримане	30	40	24	2.161	61,43	120	61,61	61,73	500	320
Шліфування:										
Попереди	10	25	6	2.94	61,92	46	61,88	61,92	270	190
ть.										
Остаточне	5	10	2	2.41	62,0	30	61,97	62,0	90	80

Сумарне відхилення розрахуємо за формуло 2.3:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{ексц}^2} \quad (2.3)$$

$\rho_{см}=0,7$ мм, $\rho_{ексц}=1,0$ мм [1].

Тоді сумарне відхилення:

$$\rho = \sqrt{0,7^2 + 1,0^2} = 1,22 \text{ мм}$$

Залишковий просторовий відхилення:

- для чорнового зенкерування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \cdot 1220 = 61 \text{ мкм}$$

- для напівчистового зенкерування:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho = 0,02 \cdot 1220 = 24 \text{ мкм}$$

- для чорнового розгорткування:

$$\rho_3 = 0,005 \cdot \rho = 0,005 \cdot 1220 = 6 \text{ мкм}$$

- для чистового розгорткування:

$$\rho_4 = 0,002 \cdot \rho = 0,002 \cdot 1220 = 2 \text{ мкм}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Розрахунок мінімальних значень припусків робимо, користуючись основною формулою 2.4:

$$2z_{\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (2.4)$$

На підставі цього розрахуємо мінімальний припуск:

- під чорнове зенкерування:

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot (150 + 200 + 1220) = 2 \cdot 1570 \text{ мкм}$$

- під напівчистове зенкерування:

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 61) = 2 \cdot 161 \text{ мкм}$$

- під чорнове розгорткування:

$$2z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + 40 + 24) = 2 \cdot 94 \text{ мкм}$$

- під чистове розгорткування:

$$2z_{\min 4} = 2 \cdot (10 + 25 + 6) = 2 \cdot 41 \text{ мкм}$$

Графа розрахунковий розмір d_p заповнюється починаючи з кінцевого креслярського розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_{p3} = 62,0 - 0,082 = 61,918 \approx 61,92 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = 61,92 - 0,188 = 61,732 \approx 61,73 \text{ мм}$$

$$d_{p1} = 61,73 - 0,322 = 61,408 \approx 61,41 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}} = 61,41 - 3,14 = 58,27 \text{ мм}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

Найбільші граничні розміри обчислюємо додатком допуску до округленого найменшого розміру:

$$d_{\max 4} = 62,0 - 0,03 = 61,97 \text{ мм}$$

$$d_{\max 3} = 61,92 - 0,05 = 61,88 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 61,73 - 0,12 = 61,61 \text{ мм}$$

$$d_{\max 1} = 61,41 - 0,30 = 61,11 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заз}} = 58,27 - 1,0 = 57,27 \text{ мм}$$

Граничне значення припусків z_{\max}^{np} визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів та z_{\min}^{np} – як різниця найбільших і найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів.

$$2z_{\max 4}^{np} = 62,0 - 61,92 = 80 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 3}^{np} = 61,92 - 61,73 = 190 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 61,73 - 61,41 = 320 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 61,41 - 58,27 = 3140 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 4}^{np} = 61,97 - 61,88 = 90 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 3}^{np} = 61,88 - 61,61 = 270 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 2}^{np} = 61,61 - 61,11 = 500 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 61,11 - 57,27 = 3840 \text{ мкм}$$

Інші припуски на механічну обробку призначаються відповідно до вихідного індексу поковки. Вихідний індекс поковки дорівнює 7, тоді [1, табл.36, стор.348]:

Шорсткість.R _a Розмір	12,5 мкм	1,6 мкм	1,25 мкм
До 40 мм	0,8	1,0	1,1
40-100 мм	0,9	1,1	1,2
100-160 мм	1,0	1,3	1,4

Проміжні припуски:

Припуск протягування – 1,0 мм, [4, табл.38, стр.350].

Припуск обробку торців – 1,0 мм, [4, табл.49, стр.364].

Припуск на чистове зуборізання - 0,5-0,6 мм, [4, табл.50, стор.364].

Допуск на припуск на чистове зуборізання становить 220 мкм, [4, стор.364]

Припуск на напівчистовое обточування – 0,3 мм, [4,табл.47, стор.361].

2.6 Розрахунок режимів різання та технологічної норми часу для виконання операцій технологічного процесу

1) Операція 010. Токарно-револьверна

Таблиця 2.4 – Режими різання (сталь 20ХН3А)

Операція	V_c (м/хв)	S (мм/об)	t (мм)	Примітка
Підрізка торця	180	0.25	1.5–2.0	глибина базової площини
Свердління Ø20	90–100	0.2	—	наскрізне або на 35–40 мм
Розточування до Ø26.5	120	0.3	0.5 за прохід	припуск на чистове Ø27

Обробка внутрішнього отвору та торця з боку внутрішнього отвору Ø62 мм.

Обладнання:

Перехід 1:

Підрізати торець із боку внутрішнього отвору Ø62 мм підрізним різцем чорновим.

Стійкість інструменту при токарній обробці підрізним різцем зазвичай дорівнює $T = 60$ хв.

Швидкість різання розраховується за формулою 2.5:

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}}, \quad (2.5)$$

де коефіцієнти мають такі значення [3, табл. 2, стр. 448]:

$$C_v = 340;$$

$$x_v = 0,15;$$

$$y_v = 0,45;$$

$$m = 0,2;$$

$t = 1,6$ мм – глибина різання;

$s = 1,2$ мм/об – продовжня подача.

Тоді швидкість різання:

$$v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,6^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} = 128 \text{ м/хв}$$

Отже, частота обертання шпинделя (2.6):

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} \quad (2.6)$$

$$n = \frac{128,7}{3,14 \cdot 0,075} = 546,5 \text{ об/хв.}$$

вибираємо частоту обертання шпинделя з ряду – 530 об/хв.

Вибираємо подовжню подачу з ряду – 1,35 мм/об.

Хвилинна подача розраховується за формулою 2.7:

$$S_m = S_0 \cdot n \quad (2.7)$$

$$S_m = 1,35 \cdot 530 = 715,5 \text{ мм/хв.}$$

Основний технологічний час розраховується за формулою 2.8:

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_m} \cdot i, \quad (2.8)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу супорта, мм

$$L_{p.x.} = l + y_1 + y_2,$$

де l – довжина поверхні, що обробляється, мм;

y_1 – величина врізання, мм;

y_2 – величина перебігу інструмента, мм;

i – кількість переходів;

S_m – хвилинна подача, мм/хв.

$l = 8,5$ мм – довжина поверхні, що обробляється.

$y_1 + y_2 = 5$ мм, [4].

Тоді довжина робочого ходу інструменту:

$$L_{p.x.} = l + y_1 + y_2 = 8,5 + 5 = 13,5 \text{ мм.}$$

$i = 1$ – число проходів.

Тоді основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_m} \cdot i = \frac{13,5}{715,5} \cdot 1 = 0,02 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

Підрізати торець із боку внутрішнього отвору чистовим різцем Т15К6.

Стійкість інструменту при токарній обробці підрізним різцем зазвичай дорівнює

$T = 60$ хв.

Швидкість різання розраховується за формулою 2.5.

де коефіцієнти мають такі значення, [3, табл.2, стр.448]:

$C_v = 340$;

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

$$x_v=0,15;$$

$$y_v=0,45;$$

$$m=0,2;$$

$t=0,3$ мм – глибина різання;

$s=0,6$ мм/об – поздовжня подача.

Тоді швидкість різання:

$$v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,6^{0,45}} = 226 \text{ м/хв}$$

Отже, частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{226}{3,14 \cdot 0,075} = 959 \text{ об/хв.}$$

Вибираємо частоту обертання шпинделя з ряду – 1080 об/хв.

Вибираємо подовжню подачу з ряду – 0,5 мм/об.

Хвилинна подача:

$$S_m = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 1080 = 540 \text{ мм/хв.}$$

$l=8,5$ мм – довжина поверхні, що обробляється

$$y_1 + y_2 = 5 \text{ мм, [8].}$$

Тоді довжина робочого ходу інструменту:

$$L_{p.x.} = l + y_1 + y_2 = 8,5 + 5 = 13,5 \text{ мм.}$$

$i=1$ – число проходів.

Тоді основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_m} \cdot i = \frac{13,5}{540} \cdot 1 = 0,03 \text{ хв.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.7 Розробка керуючої програми в CAM Esprit для обробки шестерні конічної 5154-18-22

1. Імпорт 3D-моделі деталі

У середовищі Esprit імпортуємо 3D-модель шестерні у форматі STEP або Parasolid, створену у CAD-системі SolidWorks.

2. Вибір типу верстата

У меню Machine Setup обираємо:

Тип верстата: токарний Haas ST-20

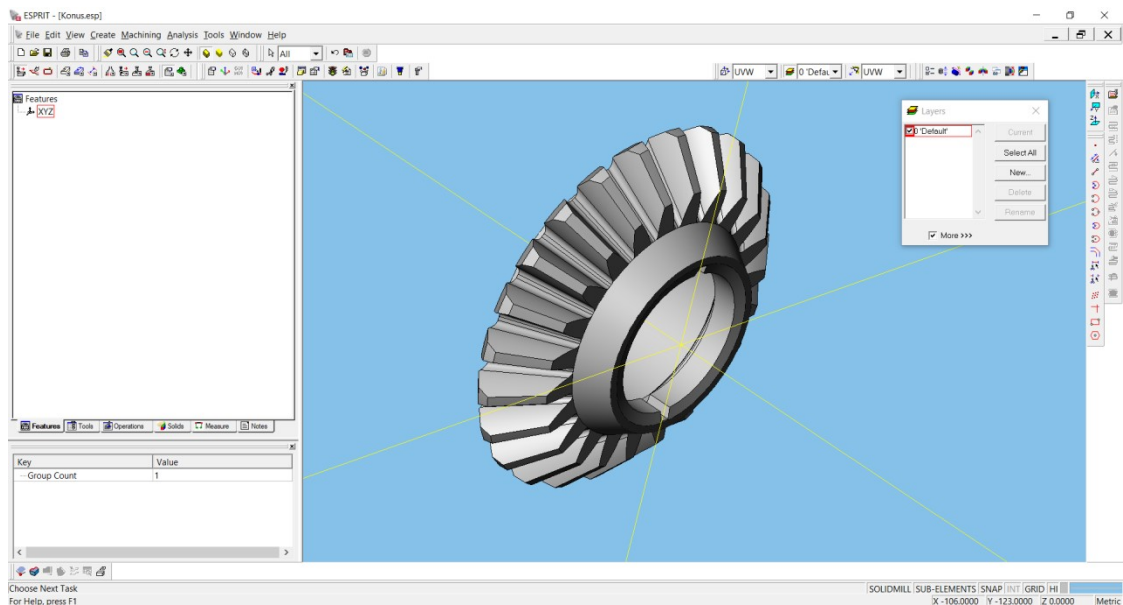


Рисунок 2.5 – 3D модель деталі шестерня конічна

3. Створення заготовки

Вибираємо режим Stock Setup:

Тип заготовки: циліндрична

Діаметр = 85 мм (припустимо)

Довжина = 120 мм

Матеріал: 20ХН3А, з гарячого штампування

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ

Арк.

39

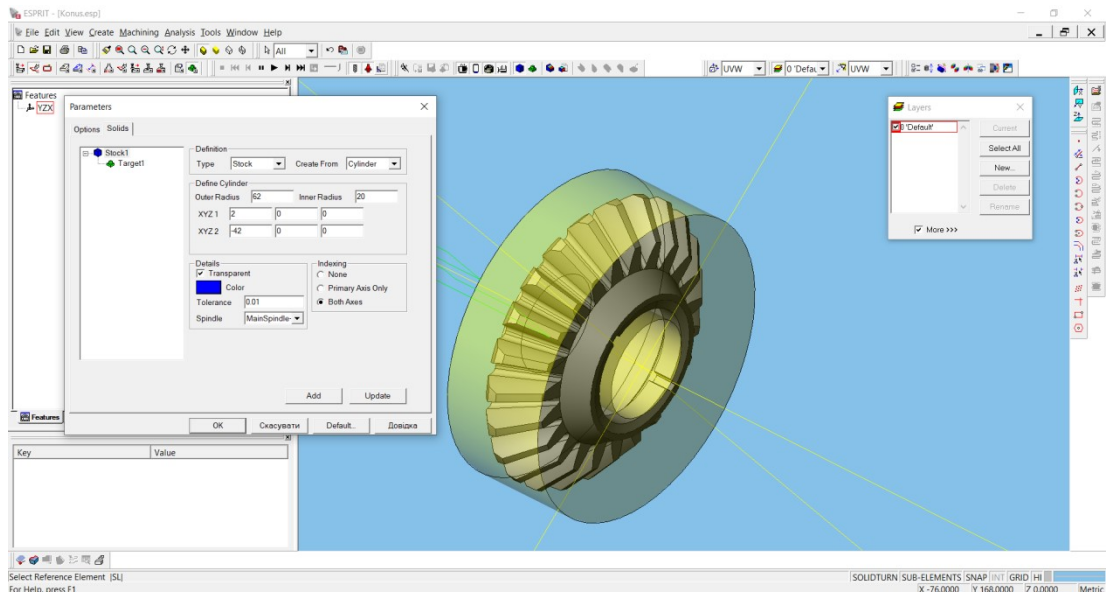


Рисунок 2.6 – Модель заготовки у САМ-середовищі

4. Базування та закріплення

Умови:

Базування по зовнішньому діаметру та торцю

Закріплення в трьохкулачковий патрон

Установлення глибини затиску ≈ 25 мм

5. Побудова технології обробки

Операція 010 – чорнове точіння:

Інструмент: прохідний різець Sandvik (CNMG 120408)

Стратегія: Facing + Rough Turn

Режими: $S = 350$ об/хв, $f = 0,25$ мм/об, $ap = 3$ мм

6. Симуляція та перевірка

Запускаємо Solid Simulation

Перевіряємо: припуски, вібрації, можливі колізії інструменту та патрона

Аналізуємо розподіл залишків стружки (Chip Control)

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

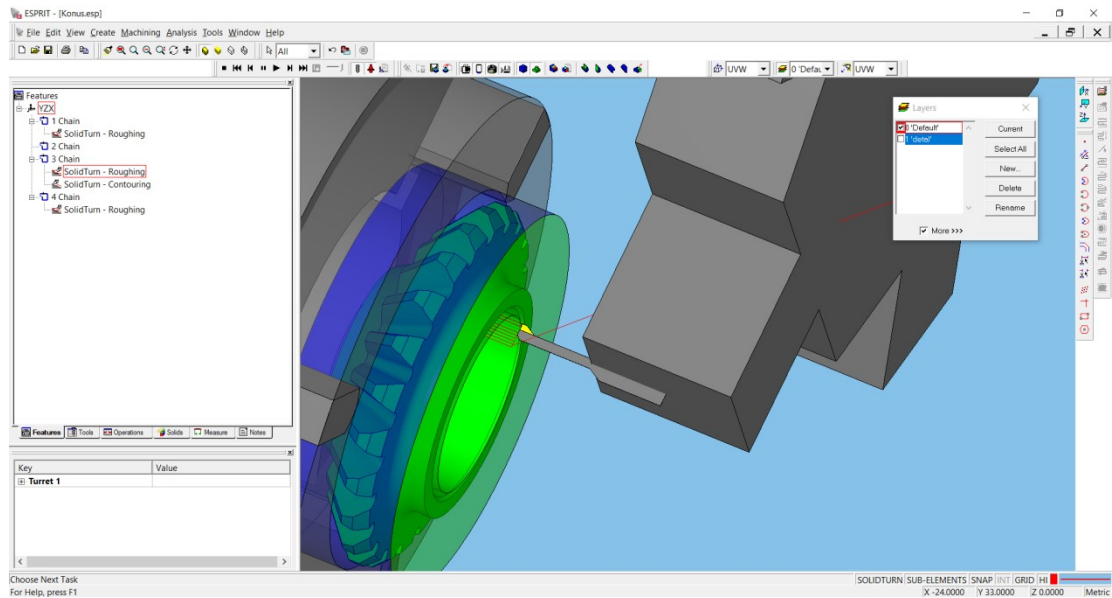


Рисунок 2.6 – Елементи оброблення в САМ Esprit

7. Постпроцесор та вивід G-коду

Використовуємо відповідний **постпроцесор** для обраного верстата (наприклад, Haas Lathe)

Зберігаємо програму у форматі **.NC**

Перевіряємо код: G50, G96, G71, G70, G76, M06 тощо

8. Приклад початку G-коду

O0000

(<< COMPANY_TAEGUTEC >>)

(<< ESPRIT_VERSION_ >>)

(DATA_YEAR_TIME_)

(23.06.2025 1:38:16)

(<< POSTPROCCESOR_FANUC_HAAS_LATHE_ZX_ONLY >>)

(<< CONTROLLER- FANUC_HAAS >>)

N0001 G21

N0002 M09

N0003 G00

N0004 T0301

(TOOL_ T0003)

N0005 G97 S1086 M03

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

N0006 G00 G54 X0 Z0 M08

N0007 G99

.....

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок пристосування

Як пристосування для закріплення заготовки при обточуванні зовнішніх поверхонь і при зубонарізанні виберемо гідроластмасову оправку, яка дозволяє закріплювати заготовку за внутрішнім отвором 62 мм.

Гідроластмасове оправлення має таку конструкцію:

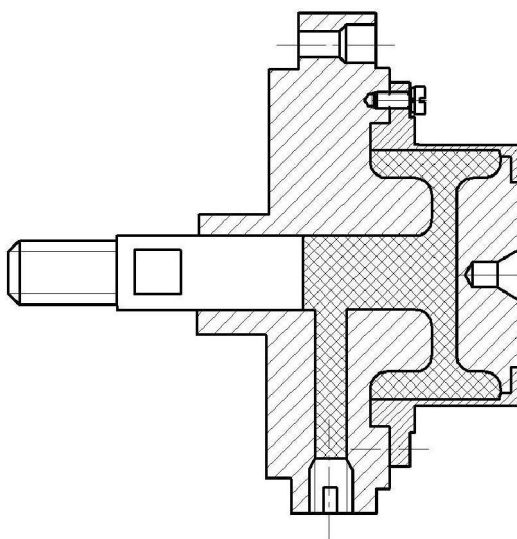


Рисунок 3.1 – Гідроластмасове оправлення

Розрахунок оправки полягає у розрахунку контактної тиску P_k , що діє на циліндричну поверхню заготовки.

Розрахункова схема у випадку має вигляд:

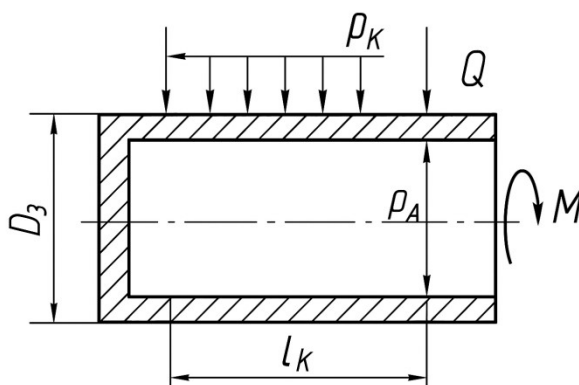


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Заготовка закріплена в гідропластмасовому патроні або в гумовій пневматичній оболонці хонінгувального верстата (верхня частина ескізу), на гідропластмасовій або пресовій оправці (нижня частина ескізу). Контактний тиск ρ_k діє на циліндричну поверхню заготовки.

При використанні пневматичної гумової оболонки або гідропластмасового пристосування по краях ділянки довжиною l_k діють кільцеві сили Q , які нехтуються для спрощення розрахунку. Заготовка навантажена крутним моментом M .

Для патронів: $\rho_k \approx 0,64 \text{ КМ} / (\pi D_3^2 l_k f)$

Для оправок: $\rho_k \approx 0,64 \text{ КМ} / (\pi D_3^2 l_k f)$

де:

- l_k – довжина зони контакту
- D_3 (або d_3) – діаметр заготовки

Так як заготовка закріплюється за внутрішнім діаметром, то розрахунковий контактний тиск розраховується за формулою 3.1:

$$P_k = \frac{0,64 \cdot K \cdot M}{\pi \cdot d_3^2 \cdot l_k \cdot f}, \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт запасу;

M – момент от сил різання;

d_3 – діаметр заготовки по поверхні закріплення;

l_k – довжина поверхні закріплення;

f – коефіцієнт тертя, у даному випадку $f=0,16$, [2, стр.116].

Коефіцієнт запасу K обчислюється за такою формулою 3.2:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

де $K_0=1,5$;

$K_1=1,2$ – при чорновій обробці $K_1=1$ – при чистовій обробці;

$K_2=1,15 \dots 1,25$ – коефіцієнт, що залежить від затуплення різця, приймаємо $K_2=1,2$;

$K_3=1,2$ – при уривчастому різанні;

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$K_4=1,2$ – коефіцієнт, що залежить від мінливості сили закріплення;

$K_5=1,0$ – при малому куті повороту рукоятки, $K_5=1,2$ – при великому куті повороті ручки.

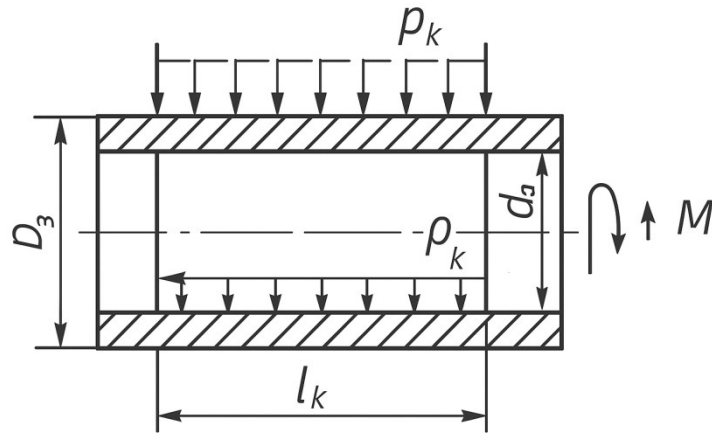


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема

Тоді коефіцієнт запасу дорівнює при чорновій обробці:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,11$$

Тоді розрахунковий контактний тиск:

$$P_k = \frac{0,64 \cdot K \cdot M}{\pi \cdot d_3^2 \cdot l_k \cdot f} = \frac{0,64 \cdot 3,11 \cdot 739,5}{3,14 \cdot 0,062^2 \cdot 0,027 \cdot 0,16} = 28,22 \text{ МПа}$$

3.2 Розрахунок калібра-пробки для контролю отвору $\text{Ø}62\text{H}7\left(+0,03\right)$

Для розрахунку калібра-пробки на отвір $\text{Ø}62 \text{ H}7$, потрібно визначити допуск отвору за посадкою $\text{H}7$, а далі — розміри двох частин калібра:

Для $\text{Ø}62 \text{ мм}$ (розмір у межах $50\text{--}80 \text{ мм}$) допуск $\text{IT}7 = 0,03 \text{ мм}$

Позиція поля $\text{H} \rightarrow$ верхнє відхилення: $ES = +30 \text{ мкм}$, нижнє: $EI = 0 \text{ мкм}$

1. Вхідні дані

Номінальний розмір отвору: $D_{\text{ном}} = 62,0 \text{ мм}$

Посадка: $\text{H}7 \rightarrow ES = 0,030 \text{ мм}$, $EI = 0,000 \text{ мм}$

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

Допуски на виготовлення калібрів: $H = 0.005$ мм, $Y = 0.003$ мм, $Z = 0.004$ мм

2. Граничні розміри отвору

$$D_{\max} = D_{\text{ном}} + ES = 62.0 + 0.03 = 62.030 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D_{\text{ном}} + EI = 62.0 + 0.0 = 62.000 \text{ мм}$$

3. Розрахунок прохідного калібра-пробки (нового)

Формула: $PP_{\max} = D_{\min} + Z + H / 2$

$$PP_{\max} = 62.000 + 0.004 + 0.005/2 = 62.0065 \text{ мм}$$

Формула: $PP_{\min} = D_{\min} + Z - H / 2$

$$PP_{\min} = 62.000 + 0.004 - 0.005/2 = 62.0015 \text{ мм}$$

4. Розрахунок прохідного калібра-пробки (зношеного)

Формула: $PP_{\text{зн}} = D_{\min} - Y$

$$PP_{\text{зн}} = 62.000 - 0.003 = 61.9970 \text{ мм}$$

5. Розрахунок непрохідного калібра-пробки

Формула: $HE_{\max} = D_{\max} + H / 2$

$$HE_{\max} = 62.030 + 0.005/2 = 62.0325 \text{ мм}$$

Формула: $HE_{\min} = D_{\max} - H / 2$

$$HE_{\min} = 62.030 - 0.005/2 = 62.0275 \text{ мм}$$

6. Виконавчі розміри

Виконавчі розміри – це розміри з верхнім відхиленням 0 і нижнім, рівним допуску H .

$$PP_{\text{вик}} = PP_{\max} - H = 62.0065 - 0.005 = 62.0015 \text{ мм}$$

$$HE_{\text{вик}} = HE_{\max} - H = 62.0325 - 0.005 = 62.0275 \text{ мм}$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку:

Тип калібра	Max (мм)	Min (мм)	Примітка
Прохідний (новий)	62,0065	62,0015	PP_{\max} / PP_{\min}
Прохідний (зношений)	—	61,9970	$PP_{\text{зн}}$
Непрохідний (новий)	62,0325	62,0275	HE_{\max} / HE_{\min}

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, умов праці на робочих місцях, вибір методів та засобів захисту при виконанні технологічного процесу

Умови праці на робочих місцях виробничих приміщень та майданчиків складаються під впливом великої кількості факторів, різних за своєю природою, формами прояву, характером впливу на людину. При механічній обробці металів, пластмас та інших матеріалів на металорізальних верстатах (токарних, фрезерних, свердлильних, шліфувальних, заточувальних та ін) виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних та біологічних небезпечних (ОФ) та шкідливих (ВФ) виробничих факторів. Вони поділяються за своєю дією на групи відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007.

До складу ділянки, що проектується, входять:

- 1) 12 металорізальних верстатів;
- 2) мийно-сушильний агрегат;
- 3) автоматизований стелажний склад;
- 4) диспетчерський пункт з НВК;
- 5) ділянка завантаження-розвантаження заготовок;
- 6) відділення технічного контролю.

Виходячи зі складу ділянки проаналізуємо створювані у ньому ОФ і ВФ.

Рухомі частини виробничого обладнання, вироби, що пересуваються, і заготовки, стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту, підвищена напруга в електроланцюзі або статичної електрики, при якому може статися замикання через тіло людини – відносяться до категорії фізично небезпечних факторів.

Так, при обробці крихких матеріалів (чавуну, латуні, бронзи, графіту, карболіту, текстоліту та ін.) на високих швидкостях різання стружка від верстата розлітається на значну відстань (3-5 м).

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Металева стружка, особливо при точінні в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400-600 С) і велику кінетичну енергію, становить серйозну небезпеку не тільки для працюючого на верстаті, але і для осіб, що знаходяться поблизу верстата. Найбільш поширеними у верстатників є травми очей. Очі пошкоджувалися стружкою, що відлітає, пиловими частинками оброблюваного матеріалу, осколками ріжучого інструменту і частинками абразиву.

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, високий рівень шуму та вібрації, недостатня освітленість робочої зони, наявність прямої та відбитої блискості, підвищена пульсація світлового потоку.

За відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання верстатників при точінні, фрезеруванні та свердлінні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації. При точінні латуні та бронзи кількість пилу у повітрі приміщення відносно невелика (14,5-20 мл/куб.м.). Однак деякі сплави (латунь ЛЦ40С та бронза Бр ОЦС 6-6-3) містять свинець, тому токсичність пилу, що утворюється при їх точінні, слід оцінювати з урахуванням кількості сплаву в сплаві, прийнявши його гранично допустиму концентрацію. Розмір пилових частинок у зоні дихання коливається у широкому діапазоні – від 2 до 60 мкм. При обробці латуні, бронзи, карболіту, графіту на підвищених швидкостях різання ($v=300-400$ м/хв) кількість пилових часток розміром до 10 мкм становить 50-60 % від загального їх числа.

У процесі механічної обробки полімерних матеріалів відбуваються механічні та фізико-хімічні зміни їх структури (термоокислювальна деструкція). При роботі різальним тупим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання, внаслідок чого пил і стружка перетворюються на пароподібний та газовий стан, а іноді виникає займання матеріалу, наприклад, при обробці текстоліту. Таким чином, при обробці пластмас у повітря робочої зони надходить складна суміш пари, газів та аерозолів, що є хімічними шкідливими виробничими факторами.

Продукти термоокислювальної деструкції (граничні та ненасичені вуглеводні, а також ароматичні вуглеводні) можуть викликати наркотичну дію,

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зміни з боку центральної нервової системи, судинної системи, кровотворних органів, внутрішніх органів, а також шкірно-трофічні порушення. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприятиме зниженню імунобіологічної реактивності.

Застосування багатоцільових металорізальних верстатів типу IP320ПМФ4 з робочою зоною, що закривається, дозволяє значно зменшити вплив всіх перерахованих негативних факторів, пов'язаних з обробкою матеріалів різальним і абразивним інструментів.

Крім того, найістотнішим рішенням з точки зору безпеки є введення комплексної автоматизації, яка дозволила скоротити чисельність робітників, які безпосередньо перебувають біля верстата.

Автоматизований склад також є джерелом фізичної небезпеки, оскільки кран-штабелер відноситься до підйомно-транспортних робіт. Небезпека, головним чином, у тому, що його переміщення відбувається автоматично, отже не можна допускати можливості потрапляння людини у зону його переміщень. Крім того, існує можливість падіння погано закріплених вантажів. Основний метод запобігання нещасним випадкам пов'язаним із зазначеними небезпеками – це встановлення захисних огорож.

За ступенем ураження людини електричним струмом проєктована ділянка відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою, оскільки є в наявності три умови, що створюють підвищену небезпеку:

- 1) струмопровідний металевий технологічний пил;
- 2) струмопровідні залізобетонні підлоги;
- 3) можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій складів, технологічного обладнання, що мають з'єднання із землею, і до металевих корпусів електрообладнання.

Основні заходи захисту від ураження струмом:

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

- забезпечення недоступності струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику (ізоляція, розташування їх на недоступній висоті тощо);
- електричний поділ мережі на окремі електрично пов'язані між собою ділянки за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням та ін.;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Мікроклімат на робочому місці у виробничих приміщеннях визначається температурою повітря, відносною вологістю, швидкістю руху повітря, барометричним тиском та інтенсивністю теплового випромінювання від нагрітих поверхонь.

На мікроклімат на ділянці істотно впливатиме справність та режим роботи мийно-сушильного агрегату, який використовує процеси миття, пов'язані з підвищеною вологістю та сушіння, пов'язані з нагріванням. Крім того, значно меншою мірою на мікроклімат впливатимуть технологічні процеси різання (нагрівання, використання РОН), а також нагрівання електрообладнання.

Виробничі приміщення, в яких здійснюються процеси обробки різанням, повинні відповідати вимогам ДБН Б.2.2-12:2019, санітарних норм проектування промислових підприємств СН 245-71. Усі приміщення мають бути обладнані засобами пожежогасіння згідно з ДБН В.2.5-56:2014.

Природне та штучне освітлення виробничих приміщень має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006.

Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБа.

На випадок пожежі в цеху мають бути передбачені засоби пожежогасіння та евакуаційні виходи.

На ділянці має бути природна та загальнообмінна вентиляція.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

Можливе застосування місцевої вентиляції, що забезпечує видалення пилу, дрібної стружки та аерозолів МОР із робочої зони верстатів.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів можна віднести фізичні навантаження при встановленні, закріпленні та зніманні великогабаритних деталей, перенапруга зору, монотонність праці.

До біологічних факторів належать хвороботворні мікроорганізми та бактерії, що виявляються при роботі з МОР.

4.2 Вимоги безпеки до автоматизованих ділянок

Сучасні машинобудівні підприємства оснащуються різними видами технологічного обладнання. Його використання полегшує працю людини, робить її продуктивнішою. Однак у ряді випадків робота цього обладнання пов'язана з можливістю впливу на працюючих небезпечних та шкідливих факторів. Основним напрямом полегшення та оздоровлення праці, підвищення його продуктивності є механізація та автоматизація робіт та технологічних процесів.

Механізація сприяє ліквідації важкої фізичної праці, зниженню травматизму, зменшує чисельність персоналу. Особливе значення з точки зору охорони праці має механізація подачі заготовок в робочу зону при обробці. Автоматизація – найвищий ступінь механізації, сприяє ліквідації суттєвої різниці між розумовою працею та фізичною. За комплексної автоматизації ТП виконуються послідовно без втручання людини.

Застосування керуючих машин заощаджує зусилля працівника, прискорює виконання операції та значно полегшує працю. Ведення ПП за допомогою машин, що управляють, виключає помилки, завжди можливі при безпосередньому управлінні. Застосування керуючих машин не лише полегшує працю, а й робить її безпечною.

Комплексна автоматизація ПП розглядається сьогодні як система автоматизації, що охоплює все виробництво, від проектування виробів та технології до виготовлення продукції та доставки її споживачеві.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розпочата на початку 80-х років інтенсивна інтеграція двох сфер: автоматизації обробки інформації (АСУ, САПР) та автоматизація технологічних виробництв – призвела до появи та швидкого розвитку нового напрямку, який отримав назву гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ).

Створення ГАВ не є суто технічним завданням. На даному етапі НТП значні зміни у техніці та технології нерозривно пов'язані зі зміною характеру праці людини, підвищенням вимог до її якості, вирішенням завдань соціально-економічного та психофізіологічного характеру. Тому для досягнення очікуваного від комплексної автоматизації ефекту необхідно насамперед в основу оптимального функціонування будь-якої автоматизованої виробничої системи, її елементних технологій закладати вимогу щодо вирішення двох взаємозалежних завдань забезпечення кінцевої мети виробництва та забезпечення безпеки трудового процесу.

Тому наявність і кількість небезпечних і шкідливих виробничих факторів, ймовірність виникнення небезпечних (НС), критичних (КС) і аварійних ситуацій (АС), що формують нещасні випадки або аварії, ступінь і характер їх негативного впливу на навколишнє середовище або виробничий персонал є одним з головних комплексних показників якості будь-якого автомат.

Як об'єкти проектування та управління ГАВ являють собою системи нового класу, що відрізняються складністю, комплексністю та багатофункціональністю компонентів. В рамках оптимального функціонування ГАВ та його елементів головний технічний напрямок робіт пов'язаний із створенням комплексу найбільш високопродуктивних та безпечних технічних засобів, а також програмних засобів забезпечення безпеки виробничих процесів загалом.

Основною базою технічних засобів для створення ГАВ в даний час є серійно випускаються металорізальні верстати з ЧПУ. У вихідному стані вони не відповідають ні вимогам безпеки, ні вимогам ГАВ. Розширення їх можливостей за рахунок об'єднання їх у керовані від ЕОМ гнучкі автоматизовані комплекси з автоматичними складами і транспортом без системного аналізу, оцінки ступеня та характеру негативного впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

людину та навколишнє середовище, розробки ефективних засобів контролю та управління засобами забезпечення безпеки ПП може призвести не тільки до появи гнучких виробничих систем з високим рівнем прихованої потенційної небезпеки, але й до непередбачуваних у майбутньому негативних соціальних наслідків.

Встановлено, що найбільш травмонебезпечною ситуацією є прямий контакт «людина-машина», коли людина виконує такі операції, як перепрограмування, налагодження, ремонт, встановлення, зняття інструменту, монтаж, змащення чи чищення. Найбільшого ризику бути травмованими з цієї точки зору наражаються працівники таких професій, які потребують прямого контакту з обладнанням: слюсарі-монтажники, збирачі, електротехніки, наладчики, бригадири.

Оператори, що обслуговують автоматизовані комплекси, значно рідше наражаються на ризик бути травмованими в порівнянні з цими видами професій. Це пояснюється тим, що при виникненні будь-яких проблем, пов'язаних із вимушеною зупинкою обладнання, зниженням його продуктивності, якості продукції, виходом з ладу тощо, виявленням причин та усунення несправностей займаються фахівці з високим рівнем підготовки.

Основними причинами, що формують ОЗ, КС та АС при експлуатації ДПС за ДСТУ EN ISO 10218-1:2014 «Роботи промислові, роботизовані технологічні комплекси та ділянки. Загальні вимоги безпеки» є:

- непередбачені рухи виконавчих пристроїв обладнання під час налагодження, ремонту, під час навчання та виконання керуючої програми;
- раптова відмова у роботі технологічного обладнання, спільно з яким працює ПР;
- помилкові дії оператора або наладчика під час налагодження та ремонту, при роботі в автоматичному режимі;
- доступ людини до робочого простору ПР, що функціонує в режимі виконання програми;
- порушення умов експлуатації;

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- порушення вимог ергономіки та безпеки праці при плануванні ділянки (розміщення технологічного обладнання, ПР, пультів управління, завантажувальних та розвантажувальних пристроїв, накопичувачів, транспортних засобів та ін.).

За класифікацією ДПС за рівнем участі людини в роботі та управлінні цими системами ділянка, що розробляється, відноситься до комплексів, що виключають можливість появи оператора в межі робочої зони при роботі обладнання в автоматичному режимі. Автоматично функціональне обладнання має замкнуту огорожу, при розкритті дверей якої надсилається командний сигнал на автоматичне блокування та зупинку роботи обладнання.

На ділянці, що розробляється, небезпечна робоча зона розташовується всередині обладнання, верстата (зона обробки, завантаження-вивантаження верстата). До ПР, що використовується на ділянці, можна віднести кран-штабелер (КШ). Його робоча зона розташовується між стелажним складом і приймальними позиціями накопичувачів верстатів, крім того КШ має доступ до спеціальних передавальних вікон, що використовуються для передачі супутників на ділянки завантаження-розвантаження, комплектації супутників, а також відділення технічного контролю, що знаходяться з протилежного боку стелажного складу.

Вимоги до розміщення обладнання та організації робочих місць.

Планування ділянки має забезпечувати вільний доступ обслуговуючого персоналу до основного та допоміжного обладнання, до органів управління та аварійного відключення всіх видів обладнання та механізмів, що входять до їх складу. При організації ділянок необхідно передбачати максимальну автоматизацію основних та допоміжних та технологічних операцій та видів робіт, пов'язаних із взаємодією на працюючих небезпечних та шкідливих факторів, залишаючи за операторами функції управління та контролю.

При маніпулюванні та переміщенні заготовок, готових виробів тощо. поблизу робочих місць встановлюють захисні сітки та інші пристрої, що унеможливають травмування персоналу при випадковому падінні предметів маніпулювання.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пульт управління розміщується за ДСТУ 7299:2013 за межами зони огороження із забезпеченням оператора можливості хорошого огляду за роботою обладнання, що входить до складу комплексу, та навколишнього простору.

Освітленість пультів управління повинна становити за ДСТУ EN ISO 10218-1:2014 не менше ніж 400 лк. Освітленість у робочій зоні встановлюється СНП П-4-79 та галузевими нормами.

Місцеві пульти керування верстатами IP320ПМФ4 розташовуються з фронтальної сторони верстата в одному блоці з УЧПУ. Крім того, у передавальних вікон складу розташовуються пульти управління краном-штабелером.

Шумові та вібраційні характеристики повинні відповідати ОСТ 54 72001-78, ДСТУ 2867-94.

Стан повітряного середовища у робочих зонах виробничих приміщень повинні відповідати вимогам ДСТУ 8828:2019, ДСТУ 2867-94 за умови постійного перебування операторів у цих зонах. Обладнання та механізми, що утворюють у процесі виробництва шкідливі гази, аерозолі, випромінювання, вимагають використання технологічних рідин із шкідливим ефектом, повинні оснащуватися пристроями та механізмами, що забезпечують нормалізацію повітряного середовища виробничих приміщень. Так, агрегати, машини, механізми та інші пристрої, які в процесі виробництва утворюють пил, дрібну стружку, виділяють шкідливі рідини, гази тощо, оснащуються пилоприймачами, газоуловлюючими та іншими пристроями для відсмоктування із зони обробки забрудненого повітря та його очищення.

При розміщенні постів керування ділянками у закритих кабінах мінімальні внутрішні розміри кабіни за ДСТУ EN ISO 10218-1:2014 повинні становити: висота – 2000 мм, ширина – 1700 мм, довжина – 2000 мм, ширина дверного отвору – 600 мм. Температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря та вміст шкідливих речовин у повітрі кабіни чи приміщення, звідки ведеться управління комплексом, встановлюють за ДСТУ EN 482:2022. Інтенсивність променистого потоку, що надходить через оглядові вікна кабіни, має перевищувати 1200 кДж/(м²ч), а рівень звуку – до 80 дБА.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вимоги до органів управління та засобів відображення інформації.

Бажано, щоб органи управління та засоби відображення інформації були розміщені на пульті управління ділянкою. Трасами можливих переміщень обслуговуючого персоналу поблизу робочих зон встановлюють дублюючі органи управління та аварійні блокування. Органи аварійного зупинки повинні розташовуватись у легкодоступному місці. Якщо для цих цілей використовується кнопка, то вона повинна бути забезпечена виступаючим грибоподібним штовхачем збільшеного розміру, пофарбована в червоний колір, мати вказівник знаходження та написи про призначення.

Вибираючи засоби відображення інформації, що вимагає від оператора негайного реагування, перевагу віддають звуковим сигналам, коли шум ділянки відповідає ДСТУ 2867-94. Рівень звукового сигналу приймають у межах 90-100 дБ за частоти 125-500 Гц відповідно до ДСТУ 7951:2015. У приміщеннях з підвищеним рівнем шуму доцільніше використовувати для сигналізації яскраве миготливе світло, колір якого вибирають за ДСТУ ISO 6309:2007.

Сигнально-попереджувальне фарбування та знаки безпеки виконують відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309:2007, ДСТУ EN ISO 10218-1:2014.

Зони розміщення органів управління на пультах та засоби відображення інформації виконують відповідно до вимог ДСТУ 7951:2015, ДСТУ 7950:2015, ДСТУ 8690:2016.

Вимоги до запобіжних, блокувальних та захисних пристроїв.

Застосовувані для забезпечення безпеки праці осіб, які обслуговують ділянки огорожувальні, блокуючі та інші захисні пристрої, не повинні обмежувати технологічні можливості ПР та зручності їх обслуговування. При спрацюванні будь-якого з пристроїв аварійного зупинки ділянки повинна виключатися можливість на обслуговуючий персонал ОФ і ВФ. Спрацювання пристрою аварійного зупинки повинне припинити будь-який рух механізмів на ділянці незалежно від режимів, у тому числі при раптовому вимкненні будь-якого виду живлення.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

Електрообладнання ділянок оснащується пусковою апаратурою, що виключає мимовільне включення при відновленні раптово зниклої напруги незалежно від положення органів управління на цей момент. Електробезпека ділянок забезпечується виготовленням електрообладнання відповідно до ДСТУ 7237:2011 - ДСТУ ІЕС 60840:2021, ДСТУ 7237:2011 та дотримання вимог безпеки відповідно до ПУЕ при їх експлуатації.

Безпечна робота гідроприводів та мастильних систем регламентована ДСТУ 3455.4—96

Вимоги щодо експлуатації автоматизованих комплексів.

Експлуатація ПР, РТК, дільниць повинна проводитись відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 10218-1:2014.

Для персоналу, що обслуговує автоматизовану ділянку, розробляють та затверджують в установленому порядку інструкції з охорони праці, в яких наводять обов'язки обслуговуючого персоналу, безпечні прийоми та методи роботи при навчанні, налагодженні, ремонті та перепрограмуванні обладнання, форми організації контролю за заходами та засобами забезпечення безпеки та дотриманням персоналом вимог техніки безпеки, раціон.

В інструкцію з експлуатації рекомендується включати такі розділи.

Загальні вимоги до безпеки.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Вимоги безпеки під час роботи.

Вимоги безпеки у аварійних ситуаціях.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

Вимоги безпеки, безпеки прийоми та метод роботи під час навчання, проведення налагоджувальних, ремонтних та профілактичних робіт.

Вимоги щодо організації контролю за безпечною роботою.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У межах дипломного проєкту було розроблено технологічний процес виготовлення шестерня конічна, призначеного для умов дрібносерійного виробництва. Вихідними даними для проєктування слугували креслення деталі та визначена серійність виробництва.

У ході роботи проведено аналіз технологічності конструкції деталі, в результаті якого виявлено низку нетехнологічних елементів і поверхонь. Для усунення виявлених недоліків були запропоновані відповідні заходи, зокрема застосування спеціальних технологічних пристосувань, що забезпечують можливість ефективного виготовлення деталі.

З урахуванням типу виробництва, фізико-механічних властивостей матеріалу та габаритних розмірів деталі було обґрунтовано вибір способу отримання заготовки.

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення шестерня конічна було сформовано маршрути обробки як окремих поверхонь, так і деталі в цілому. Здійснено обґрунтований вибір обладнання з наданням його основних технічних характеристик. Також підібрано необхідні верстатні пристрої та ріжучий інструмент, що відповідають вимогам до обробки даної деталі.

З урахуванням конструктивних особливостей деталі та компоновки обладнання розроблено повний технологічний процес. Для операцій визначено режими різання, а також розраховано технологічну норму часу для вертикально-фрезерної операції на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК).

В розділі охорона праці проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, умов праці на робочих місцях, вибір методів та засобів захисту при виконанні технологічного процесу

У додатках до проєкту представлено комплект технічної документації, зокрема маршрутні карти всього технологічного процесу, операційні картки та ескізні карти для двох операцій.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
6. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
7. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови
8. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. Наказ від 18.12.2015 № 197
9. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови.
10. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT)
11. ДСТУ ISO 866:2018 Свердла центрувальні для свердління центрових отворів без запобіжних фасок. Тип А (ISO 866:2016, IDT)

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

- 12.ДСТУ ISO 603-4:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 4. Шліфувальні круги для плоского шліфування, шліфування периферією круга (ISO 603-4:1999, IDT)
- 13.ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.
- 14.ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
- 15.ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Наказ від 27.02.2019 № 38
- 16.Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
- 17.Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
- 18.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.
- 19.Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
- 20.Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 21.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
- 22.Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

23. 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.
24. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
25. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
26. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.30.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63