

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Проектування інноваційної технології в ремонтному виробництві механізму кліті непривідної прокатного стану для ПАТ Арселор Міттал Кривий Ріг

Виконала: магістрантка
групи ЗПМ-24м
Літаш І.М.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Проектування інноваційної технології в ремонтному виробництві механізму кліті непривідної прокатного стану для ПАТ Арселор Міттал Кривий Ріг

Виконала магістрантка гр. ЗПМ-24м _____ Літаш І.М.
(підпис)

Керівник КМР _____ Цивінда Н.І.
(підпис)

Нормоконтроль _____ Нечаєв В.П.
(підпис)

Завідувач кафедри _____ Рязанцев А.О.
(підпис)

м. Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

Затверджую
Зав. кафедри, доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістрантка гр. ЗПМ-24м Літаш Ілона Миколаївна

Тема: Проектування інноваційної технології в ремонтному виробництві механізму кліті непривідної прокатного стану для ПАТ Арселор Міттал Кривий Ріг

Керівник КМР: доц., к.т.н. Цивінда Н.І.

Затверджена наказом по КНУ № 555с від « 28 » 07 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи 30.11.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення черв'ячного вузла кліті непривідної прокатного стану. 2. Креслення деталі «Уловлювач». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1.Проектування технологічного процесу ремонту та складання вузла.2 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту 3. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі. 4. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5. Конструкторська підготовка виробництва. 6. Використання CAD/CAE технологій для статичного аналізу деталі «Уловлювач» 7 Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Уловлювач 3. Уловлювач (Виливка) 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. Науково-дослідна частина.

6.Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно- економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ТА СКЛАДАННЯ ВУЗЛА	12.09.2025
1.1 Службове призначення машини та вузла	17.09.2025
1.2 Проектування технологічного процесу розбирання черв'ячного вузла кліті непривідної прокатного стану	22.09.2025
1.3 Розробка карти дефекації	28.09.2025
1.4 Вибір методу відновлення деталі	01.10.2025
1.5 Розрахунок припусків на відновлення шийки черв'ячного валу	05.10.2025
1.6 Аналіз застосування нових технологій ремонту для відновлення шийки валу черв'ячного	15.10.2025
1.7 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	18.10.2025
Креслення складального вузла	23.10.2025
Схеми досліджень нових технологій ремонту	24.10.2025
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ	06.11.2025
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	13.11.2025
4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	16.11.2025
5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	17.11.2025
6 ВИКОРИСТАННЯ САД/САЕ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЕТАЛІ «УЛОВЛЮВАЧ»	17.11.2025
7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	18.11.2025
Попередній захист	30.11.2025

Дата видачі завдання: «___» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____

/Цивінда Н.І./

Завдання отримала
магістрантка _____

/Літаш І.М./

РЕФЕРАТ

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є проектування інноваційної ремонтної технології для кліті непривідної прокатного стану, яка встановлюється між клітями ПКВ6 і ПКГ7 чорнової групи стана МПС 250/150-6 на ПАТ Арселор Міттал Кривий Ріг.

Реалізація мети була здійснена в наступній послідовності: для взятого окремо вузла «Черв'ячний вузол кліті непривідної» було здійснено проектування технологічного процесу ремонту – розбирання вузла, дефектація вузла та виділення серед інших – деталей, а саме черв'ячного валу та уловлювача. Після складення карти дефектації було прийнято рішення вал черв'ячний відновити, а оскільки відновлення уловлювача недоцільно було розроблено наскрізне проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Уловлювач» з застосуванням CAD/CAM/CAE технологій. Було спроектоване верстатне пристосування для фрезерної операції 005 установ А та контрольно-вимірювальне пристосування для вимірювання співвісності двох отворів деталі. Розглянуто застосування нових технологій ремонту з застосування зносостійких покриттів, а саме : плазмове наплавлення та напилення, електронно-променеве наплавлення, лазерне наплавлення та напилення. Запропоновані режими для лазерної наплавки деталі. Всі технічні рішення обґрунтовані техніко-економічними розрахунками та доведена їх ефективність та можливість впровадження в умовах ПАТ Арселор Міттал Кривий Ріг. Наведені загальні рекомендації і заходи по зменшенню небезпечних виробничих факторів, а також заходи для безпечної роботи з лазерами установками.

ПРОКАТНИЙ СТАН, КЛІТЬ НЕПРИВІДНА, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ВУЗОЛ, ВАЛ ЧЕРВ'ЯЧНИЙ, УЛОВЛЮВАЧ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, CAD/CAM/CAE ТЕХНОЛОГІЇ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ, ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ, БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

ABSTRACT

The purpose of the qualification master's thesis is to design an innovative repair technology for the stand of a non-drive rolling mill, which is installed between stands PKV6 and PKG7 of the roughing group of the MPS 250/150-6 mill at PJSC ArcelorMittal Kryvyi Rih.

The goal was achieved in the following sequence: for the separate unit "Worm unit of a non-driven cage", the design of the technological process of repair was carried out - disassembly of the unit, defect detection of the unit and selection of parts, namely the worm shaft and the catcher, among others. After compiling a defecation map, it was decided to restore the worm shaft, and since restoring the catcher was impractical, a comprehensive design of the technological process for manufacturing the "Catcher" part was developed using CAD/CAM/CAE technologies. A machine tool fixture was designed for milling operation 005 of the A unit and a control and measuring fixture for measuring the alignment of two holes in the part. The application of new repair technologies using wear-resistant coatings is considered, namely: plasma surfacing and spraying, electron beam surfacing, laser surfacing and spraying. All technical solutions are justified by technical and economic calculations and their effectiveness and possibility of implementation in the conditions of PJSC ArcelorMittal Kryvyi Rih have been proven. General recommendations and measures to reduce hazardous production factors are provided, as well as measures for safe work with laser installations.

ROLLING MILL, NON-DRIVEN WHEEL, WORM ASSEMBLY, WORM SHAFT, CATCHER, TECHNOLOGICAL PROCESS, CAD/CAM/CAE TECHNOLOGIES, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, FEASIBILITY STUDY, LASER TECHNOLOGIES, LIFE SAFETY

					<i>КНУ.КМР.131.25.2-01.Р</i>			
<i>ЗМН</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Літаш</i>				РЕФЕРАТ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Пивінда</i>						<i>1 1</i>	<i>19</i>
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ група ПМ-24м</i>		
<i>Н.</i>	<i>Нечипор</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>							

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ТА СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

- 1.1 Службове призначення машини та вузла
- 1.2 Проектування технологічного процесу розбирання вузла
- 1.3 Розробка карти дефекації
- 1.4 Вибір методу відновлення деталі вал черв'ячний
 - 1.4.1 Розрахунок припусків на відновлення шийки черв'ячного валу
- 1.5 Аналіз застосування нових технологій ремонту для відновлення шийки валу черв'ячного
 - 1.5.1 Актуальність питання розробки нових технологій
 - 1.5.2 Плазмове напилення та наплавлення
 - 1.5.3 Електронно-променеве наплавлення
 - 1.5.4 Лазерне наплавлення та напилення
- 1.6 Визначення точності складання розрахунком розмірних ланцюгів
 - 1.6.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів
 - 1.6.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів
 - 1.6.3 Розробка схеми складання

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

- 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін
- 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей
- 2.3 Технічний контроль робочого креслення
- 2.4 Аналіз технологічності деталі
 - 2.4.1 Якісний аналіз технологічності
 - 2.4.2 Кількісний аналіз технологічності
- 2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування
- 2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

- 3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування заготовки та проектування заготовки
 - 3.1.1 Вибір і техніко – економічне обґрунтування заготовки
 - 3.1.2 Проектування заготовки
- 3.2 Вибір і обґрунтування баз
- 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь
- 3.4 Розробка маршруту обробки деталі
- 3.5 Розробка технологічних операцій

					КНУ.КМР.131.25.2-01.3				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					
Розроб.	Літаш				ЗМІСТ		Лім.	Арк.	Аркшів
Перевір.	Пивінда							1 1	19
Реценз.							Кафедра ТМ група ПМ-24м		
Н.	Нечипор								
Затверд	Рязанцев								

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Вибір різального інструмента та розрахунок режимів різання для кожного інструменту

4.2 Підготовка керуючої програми в САМ системі FeatureCAM Delcam

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Технічне завдання на проектування

5.2 Проектування верстатного пристосування

5.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6 ВИКОРИСТАННЯ САД/САЕ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЕТАЛІ «УЛОВЛЮВАЧ»

7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

7.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КМР.131.25.2-01.3</i>	Арк.
						1.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

№ ряда	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1					
2			<u>Документація</u>		
3					
4	A4	КНУ.КМР.131.25.2-01.ПЗ	Пояснювальна записка		
5					
6			<u>Графічні матеріали</u>		
7	A1	КНУ. КМР.131.25.2-01.ЧВК	Черв'ячний вузол кліті непривідної (складальне креслення)	1	
8	A2	КНУ. КМР.131.25.2-01.У	Уловлювач	1	
9	A2	КНУ. КМР.131.25.2-01.ЛЗ	Уловлювач (виливка)	1	
10	A0	КНУ. КМР.131.25.2-01.ВІН	Верстатно- інструментальне налагодження	1	
11	A1	КНУ. КМР.131.25.2-01.ВП	Верстатне пристосування	1	
12	A2	КНУ. КМР.131.25.2-01.КП	Контрольне пристосування	1	
13	A1	КНУ. КМР.131.25.2-01.НДЧ	Науково-дослідна частина	2	

					КНУ.КМР.131.25.2-01.В		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Літаш				ВІДОМІСТЬ ОБ'ЄМУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ		
Перевір.	Пивінда						
Реценз.							
Н.	Нечипор						
Затверд.	Рязанцев						
						Літ.	Арк.
							Арк.шіт
						1 1	19
						Кафедра ТМ група ПМ-24м	

ВСТУП

На сьогодні, в зв'язку з використанням на підприємствах обладнання, що працює в силових умовах та підвищеного зносу з'явилась необхідність удосконалення ремонтних технологій на базі використання сучасного металорізального обладнання, CAD CAM CAE технологій, засобів керування усіма етапами виробничого процесу, впровадженню високопродуктивних енерго- та матеріалоозаощаджуючих технологій, і як наслідок підвищенню технічного рівня експлуатаційної надійності машин та механізмів.

ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» є одним з найбільших виробників сталевого прокату в Україні, спеціалізується на виробництві довгомірного прокату, зокрема, арматури і катанки із звичайних і низьколегованих марок сталі, також виробляє агломерат, концентрат, кокс, чавун, сталь, сортовий і фасонний прокат. Діяльність підприємства охоплює виробничий ланцюг від видобутку залізної руди до виготовлення готової металопродукції. За 2025 рік АрселорМіттал Кривий Ріг випустив близько 2,5-2,6 млн тон металопродукції. Масштаби виробництва «АрселорМіттал Кривий Ріг» обумовлюють використання великої кількості різноманітного прокатного обладнання, яке потребує ремонту і відновлення в процесі його експлуатації.

Враховуючи інтенсивність виробництва, деталі прокатного обладнання часто доводиться відновлювати чи виготовляти заново, якщо проведення їх ремонту є недоцільним. Тому конструкторсько - технологічна підготовка ремонтного виробництва, в кваліфікаційній магістерській роботі, включала в себе інноваційний технологічний процес ремонту черв'ячного вузла кліті прокатного стану МС 250/150-6, відновлення деталі «Вал черв'ячний» та ремонту деталі «Уловлювач» непривідної кліті, що є актуальною задачею в умовах сучасного виробництва в умовах ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг».

Розглянуто застосування нових технологій ремонту з застосуванням зносостійких покриттів, так як це є одним з найперспективніших методів ремонту виробничого обладнання. Впровадження ремонтних технологій з використанням лазерного наплавлення дасть значну економію часу і коштів, порівняно з традиційними методами.

Дослідження з питання запровадження інноваційної технології проводилося при використанні CAD/CAM/CAE технологій.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.В				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					
Розроб.	Літаш				ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркшів	
Перевір.	Пивінда								
Реценз.							1 1	19	
Н.	Нечипєв					Кафедра ТМ група ПМ-24м			
Затверд.	Рязанцев								

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ТА СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення машини та вузла

Непривідна кліть входить до складу прокатного стану і встановлюється у міжклітьовому проміжку між клітьми ПКВ6 і ПКГ7 чорнової групи стана МПС 250/150-6.

Прокатні стани є складовою частиною металургійного обладнання по переробці металів і призначені для формозміни вихідної, насамперед литої, заготовки шляхом її деформування. Прокатне виробництво є завершальною ланкою металургійного циклу, так званим третім переділом. Основним обладнанням прокатного цеху є прокатний стан. Прокатний стан є машиною, оснащеною валковою системою для обробки металу тиском. Продукція прокатного цеху називається сортаментом і визначається складом прокатного обладнання.

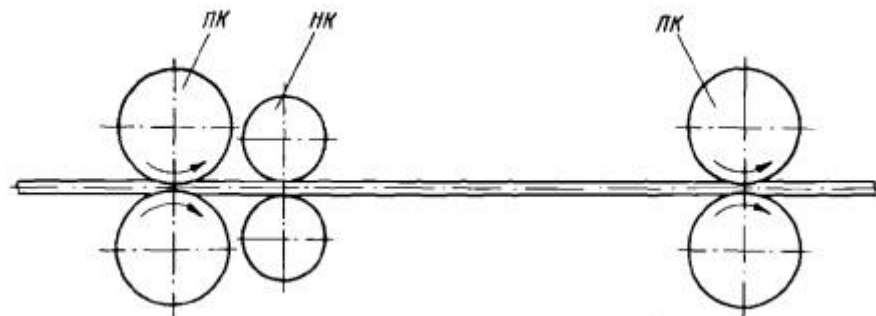


Рисунок 1.1 – Схема розташування непривідної кліті

Прокатний стан - це комплекс машин і агрегатів, призначений для здійснення пластичної деформації металу в обертових валках (власне прокатка) і його подальшої обробки (різання, зачищення, термообробки, нанесення покриттів, видалення дефектів, правці, контролю якості, клеймування, упакування, транспортування тощо).

Обладнання прокатного стану для деформації металу називається основним, а для виконання інших операцій допоміжним або оздоблювальним (ножиці, пилки, моталки, термічні печі, ванни для термообробки та покриттів тощо).

Основне обладнання, до складу якого входять привідна та непривідна прокатні кліті, передавальні механізми і двигун називається головною лінією стана.

Кліть непривідна призначена для установки в міжклітьових проміжках лінії безперервного сортового стану в якості деформуючого механізму. Установка непривідної кліті забезпечує збільшення витяжної здатності комплексу

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.	ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ТА		
Розроб.	Літвин						
Перевір.	Літвинда						
Реценз.							
Н.	Нечасев						
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ група ПМ-24м		

клітей (у проміжку між якими вона встановлена) без істотного підвищення споживаної потужності при одночасному зменшенні витрати енергії в робочих клітях чорнової групи стана. НК дозволяє:

- збільшити до 2,5% продуктивність стану за рахунок підвищення швидкості прокатки в наступних клітях стану,
- розширення сортаменту стана за рахунок отримання профілів меншого перетину з використанням існуючого обладнання;
- можливість зміни калібрування із зменшенням кількості приводних робочих клітей на 25 - 40% при збереженні сортаменту за традиційною технологією;
- поліпшення якості прокату (в проміжних і чистових групах клітей);
- зниження енерговитрат до 18-25%;
- збільшення терміну служби робочих валків між їх переточуваннями (збільшується загальний термін служби валків);
- збільшення перерізу вихідної заготовки і маси готових бунтів.

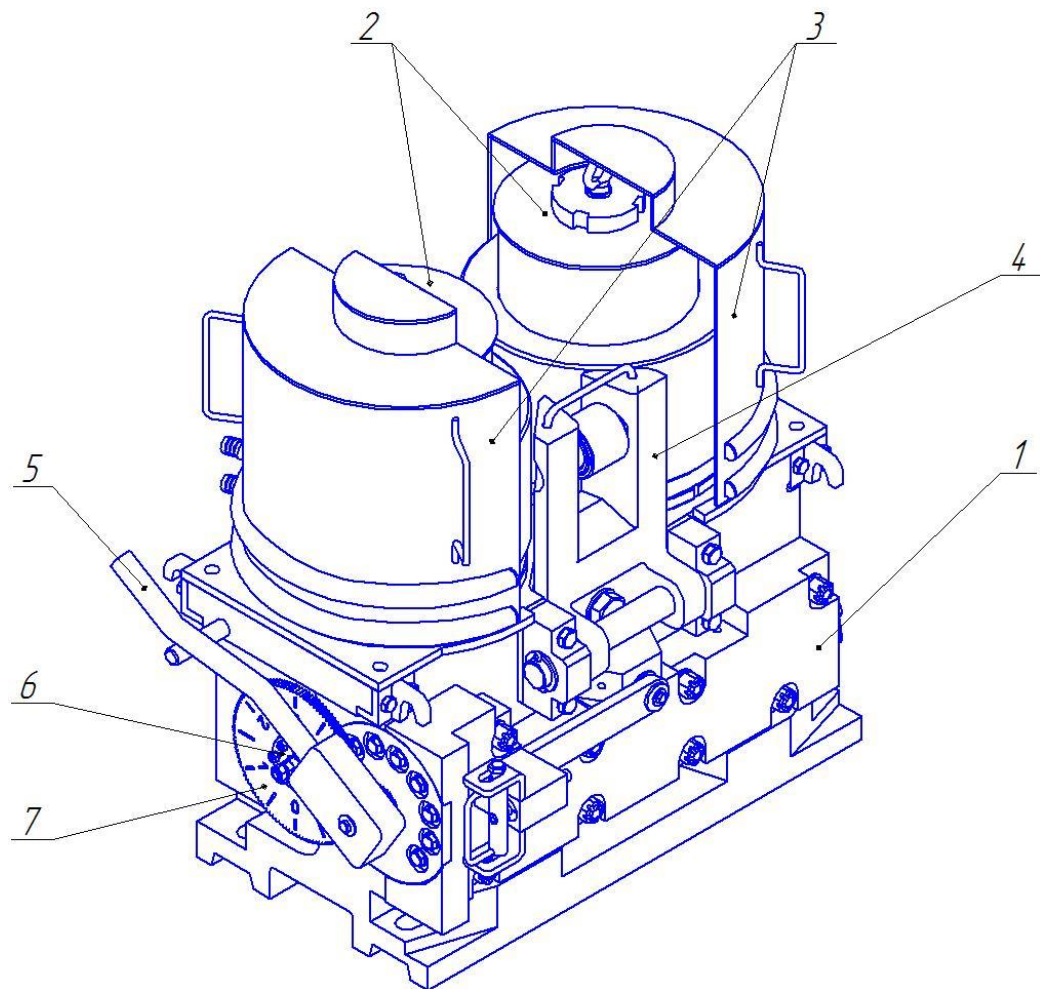


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд непривідної кліті

Кліть непривідна (модернізована) (рисунок 1.2) складається з наступних основних частин:

- корпус 1;
- двох консольних робочих валків 2 на підшипниках кочення з встановленими на них бандажами. В модернізованій конструкції застосовані (на

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

кожен валок): роликові радіальні сферичні дворядні підшипники 3003132 ДСТУГОСТ 5721:2014 - 3шт., упорний шарикопідшипник 8130Н ДСТУГОСТ7872:2014 - 1 шт; роликовий конічний дворядний підшипник ДСТУГОСТ6364:2014 - 1 шт.

- вузла охолодження бандажів (спреєр) 3;
- уловлювач 4 (привалкової арматури), змонтованої на корпусі кліті;
- натискного пристрою установки відстані між бандажами валків 5;
- пристрою 6, що дозволяє за допомогою сполучної муфти і з'єднаного з ним важеля проводити регулювання відстані між бандажами за допомогою натискного пристрою 5 в наступних режимах:

а) установка відстані між бандажами від натискного пристрою з приводом на обидва валка одночасно;

б) установка відстані між бандажами від натискного пристрою з приводом на один валок (по ходу прокатки - лівий);

Також модернізована кліть забезпечена додатковим елементом - лімбом 7, який кріпиться на передній стороні корпусу кліті і який служить для зручності контролю за установкою розчину між валками. Для цього лімб, за допомогою зубчастої передачі, жорстко пов'язаний з натискним пристроєм.

Для збору мастила з підшипникових вузлів валків в нижній частині корпусу непривідної кліті додатково встановлена кришка з випускним отвором.

Технічна характеристика непривідної кліті:

1 Тип кліті	консольна "дуо"
2 Зовнішній діаметр бандажів, мм не більше	410
3 Діапазон регулювання зазору валків, мм	40
4 Зусилля прокатки, кН	
-гранично-допустиме (пікове)	600
-еквівалентне сортаменту	300
5 Швидкість прокатки, м/с не більше	15
6 Мащення підшипників и зубчатих передач	централізована

Черв'ячний вузол непривідної кліті виконує функцію регулювання відстані між бандажами у межах 40 см за допомогою натискного обладнання 5 у наступних режимах:

а) установка відстані між бандажами від натискного обладнання із приводом на два валка одночасно;

б) установка відстані між бандажами від натискного обладнання із приводом на один валок (по ходу прокатки - лівий);

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

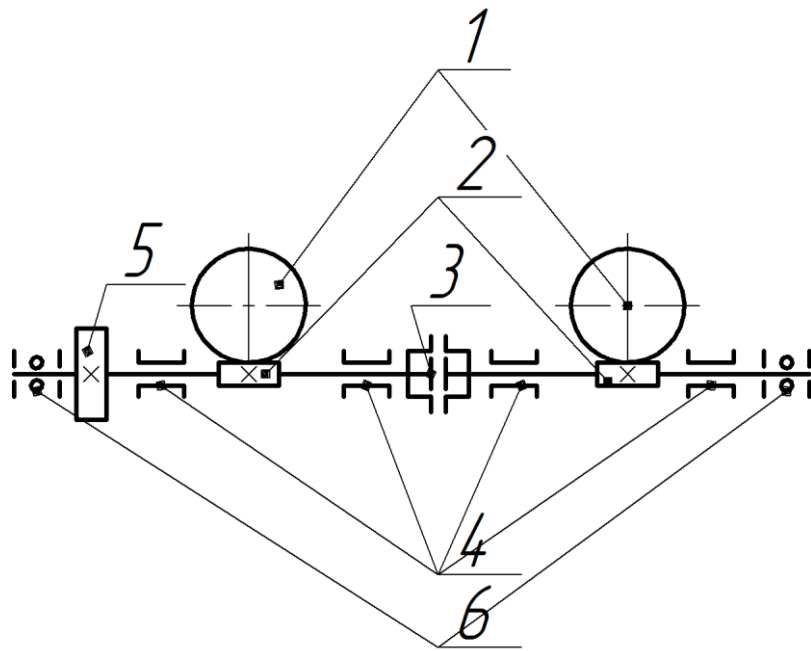


Рисунок 1.3 – Кінематична схема черв'ячного вузла неспіввідної кліті
(1 – ексцентрик; 2 – черв'як; 3 – зубчата муфта; 4 – підшипник ковзання; 5 – циліндричне зубчате колесо; 6 – підшипник 8130 Н)

Черв'ячна передача вимагають мащення, щоб запобігти швидкому зносу, який може бути викликаний нормальними силами і відносним ковзанням. В якості мастила обираємо Літол 24 ДСТУГОСТ 21150:2019 "Мастило Літол-24. Технічні умови". Мастило потрапляє до черв'ячної передачі через вузол лівого та правого валів.

На рисунку 1.3 зображена схема потрапляння мастила до механізму.

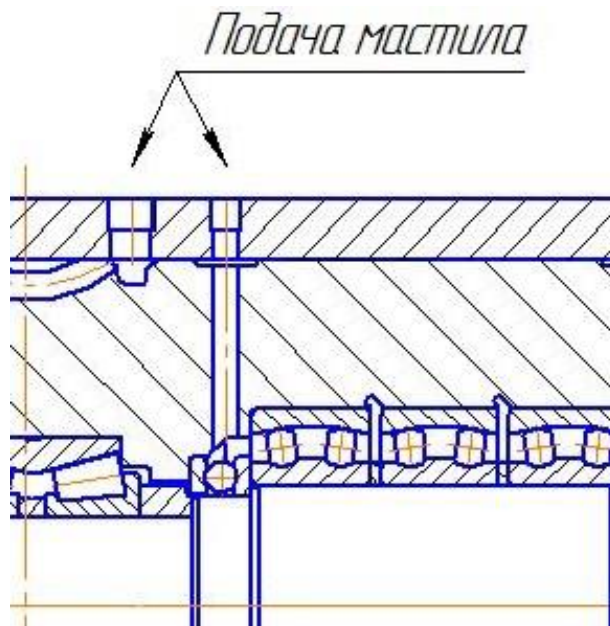


Рисунок 1.4 - Схема потрапляння мастила до механізму

Підшипник 8130Н зображений на рисунку 1.4. Напрямок навантажень, що сприймаються, - осьовий в одну сторону. Підшипник відповідає стандарту ДСТУГОСТ 7872:2014. Характеристика наведена у таблиці 1.1.

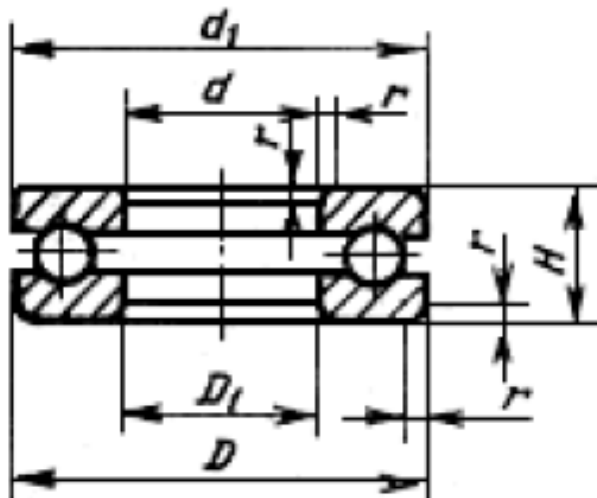


Рисунок 1.5 – Підшипник 8130Н

Таблиця 1.1 – Характеристики підшипника 8130Н

Параметр	Умове позначення	Значення	Одиниці
Діаметр отвору тугого кільця	d	150	мм
Зовнішній діаметр тугого кільця	d ₁	190	мм
Зовнішній діаметр вільного кільця	D	190	мм
Діаметр отвору вільного кільця	D ₁	150,3	мм
Висота підшипника	H	31	мм
Радіус монтажної фаски	r	1,5	мм
Статична грузопід'ємність	C ₀	290000	Н

Також використовуються підшипники ковзання у вигляді втулок з бронзи БРА9ЖЗЛ котрі сприймають радіальні навантаження.

Розробимо карту дефектації, а перед цим технологічні процеси розбирання та мийки.

1.2 Проектування технологічного процесу розбирання вузла

Таблиця 1.2 – Технічний процес ремонту черв'ячного вузла кліті непривідної

№ з/п	Операція	Обладнання і інструмент
1.	Очистка черв'ячного вузла кліті від грязі й старого мащення	Щітки по металу
2.	Розбірка черв'ячного вузла кліті	Набор ключів, молоток, з'ємник і викрутки
3.	Очистка кліті від старої краски	Ванна зі спец розчином
4.	Мийка і сушка деталей кліті	Мийна машина чи мийна ванна
5.	Контроль і сортування деталей	Інструмент для перевірки геометричних розмірів, прилади для ультразвукового, рентгенівського та ін. контролю
6.	Ремонт деталей	Обладнання для зварювання, наплавки, металізації, гальванічні ванни і ін.
7.	Складання и регулювання черв'ячного вузла кліті	Набор ключів, преси, молотки, скоби, щупи, індикатори і ін.
8.	Мащення черв'ячного вузла кліті	Літол 24
9.	Випробування черв'ячного вузла кліті	Електрообладнання, обладнання для визначення температури, тиску ті ін.
10.	Контроль та доводка	
11.	Фарбування і наступна сушка черв'ячного вузла кліті	Фарборозпилювач, піч і ін. Сушильна камера

Таблиця 1.3 – Технологічна карта розбирання черв'ячного вузла кліті непривідної

№ п/ п	Технологічна карта розборки	Найменування вузла: кліть непривідна			
		Місце розборки: слюсарна дільниця		Кількість вузлів: 1	
	Зміст операції	Номер деталі	Кількість	Засоби продуктивності	
				Найменування	Кількіс ть
1	2	3	4	5	6
1.	Відгвинтити болти і зняти шайби, кришку, та підшипник	16,17,6,7,20	8,8,1,1,1	Гаєчний ключ, киянка, з'ємник	1,1,1
2	Відгвинтити гайки і зняти напів корпус кліті	8,21,22,23	1,8,8	Гаєчних ключ	1
3	Відгвинтити болти, зняти кришку і підшипник	11,12,20	1,1,1	Гаєчних ключ, киянка, з'ємник	1,1,1
4	Демонтаж полумуфт	10	1,1	Гаєчних ключ	1, 1
5	Демонтаж валів в зборі	3,4,	1,1	Стропа	1, 1
6.	Розбірка валів: зняти кільця, втулки, полумуфти, обойми полумуфт, зубчате колесо випресувати шпонки, витягнути упор та кульку	19,18,14,9,10,13 , 24,15,25	2,2,1,4,2,2 ,3,1,1	Випресовувач, киянка, з'ємник	1,1,1

Таблиця 1.4 – Технологічний процес мийки черв'ячного вузла кліті непривідної

№ з/п	Операції, переходи і технічні умови	Обладнання, пристосування та інструменти
1	2	3
1	Зовнішня мийка кліті	
2	Навісити вузли на конвеєр, включити мийну машину	Ел. таль ТЕО5-521, г/п – 0,5 т.
3	Промити вузли в мийній машині при робочій температурі розчину 70-85° С	Мийна машина ОМ-4267
4	Перевірити якість мийки кліті після проходження через мийну машину.	
Технічні умови: на поверхню кліті забруднення не допускаються; при наявності забруднень направляти на повторну мийку.		
5	Обдути кліть стисненим повітрям до повного видалення вологи.	Пістолет 199-ГАРО
6	Контроль ОТК. Перевірити якість мийки кліті й направити його на ділянку розбирання.	
7	Мийка деталей	
8	Розкласти деталі в сітчасті кошики, піраміди й навісити на підвісний конвеєр мийної машини. Великі деталі необхідно навішувати на конвеєр, безпосередньо в захватах.	Кошики сітчасті, піраміди, сутички, строп, мийна машина ОМ-4267, таль електрична ТЕО5
9	Промити вузли в мийній машині при робочій температурі розчину 70-85° С	Мийна машина ОМ-4267
10	Зняти деталі з конвеєра й обдути стисненим повітрям до повного видалення вологи	Таль електрична ТЕО5, строп
11	Мийка кріпильних виробів	
12	Завантажити кріпильні вироби у ванну, включити установку й промити протягом 10-15 хв.	Кошик сітчастий, установка для мийки ОМ-6068, таль
13	Мийка підшипників	Мийна ванна з керосином

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.5 - Технологічний процес дефектації деталей черв'ячного вузла кліті непривідної

№	Операції, переходи та технічні умови	Обладнання, пристосування та інструмент
1	2	3
1	Дефектація черв'ячного валу	
2	Покласти черв'ячний вал на стіл для дефектації деталей.	Таль електрична, строп, стіл.
3	При зовнішньому огляді виявити зовнішні дефекти: видимі тріщини, відколи, скручування, зноси поверхонь.	Лупа, крейда, гас, ветош
4	Підготувати деталі для визначення прихованих дефектів, зашліфувати наждачним папером риски та подряпини.	Наждачний папір, ветош
5	Встановити деталі на стіл дефектоскопа. Намагнітити деталь, нанести на контрольовані поверхні феромагнітний порошок у сухому вигляді або у вигляді суспензії. При огляді виявити дефекти і розмагнітити деталь.	Магнітний дефектоскоп М-217
6	Перевірити посадкові розміри.	Мікрометр, штангенциркуль, шаблони, КВМ
7	Перевірити розміри зубчатого вінця.	Мікрометр, штангенциркуль, шаблони.
8	Згідно з проведеним контролем маркувати деталь.	Фарба, пензлі
9	Заповнити відомість дефектів.	
10	Доставити придатні деталі в комплектувальний відділ, деталі, які підлягають ремонту – на ділянку ремонту; браковані деталі – на склад металобрухту.	Таль електрична, строп, ящикова тара.
11	Дефектація корпусних деталей та металлоконструкцій.	
12	Встановити деталі на стенд.	Кран підйомний або таль.
13	Провести зовнішній огляд, перевірити наявність тріщин, вм'ятин, стан різьби.	Лупа, крейда, гас.
14	Перевірити деталі на наявність деформацій (вигинів, викривлення).	Струна, лінійка, косинці, шаблони.
15	Перевірити обстукуванням посадки втулок наявність на них рисок, задирав.	Молоток
16	Виміряти отвори.	Нутромір, штангенциркуль.
17	Маркувати дефектні місця згідно з групою зносу.	Фарба, пензлі
18	Заповнити відомість дефектів.	
19	Дефектація підшипників.	

Продовження таблиці 1.5

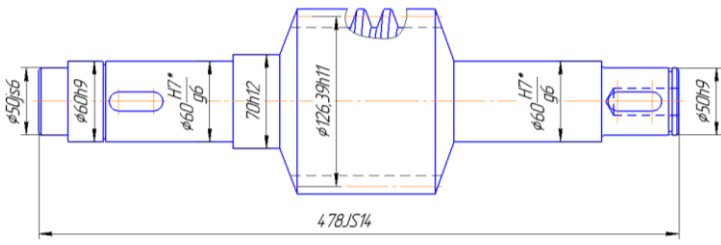
1	2	3
20	Зовнішнім оглядом визначити стан бігових доріжок кілець, кульок і роликів.	
21	Окунути підшипник в 10% розчин масла в бензині.	Ванна с розчином.
22	Перевірити на легкість обертання, утримуючи внутрішнє кільце і обертаючи зовнішнє.	Ванна с розчином
23	Виміряти радіальний зазор, надаючи зовнішньому кільцю коливальні рухи в вертикальному напрямку і фіксуючи по індикатору зазор.	Пристрій КІ-1223.
24	Заповнити дефектну відомість.	

В даному вузлі найбільш зношуваними деталями є черв'ячний вал , на який складемо карту дефекації та зубчата муфта, зубчате колесо, шпонкові пази та підшипники, уловлювач , які ретельно оглядаємо..

У випадку зносу шийок валу черв'ячного від підшипники - зношені поверхні наплавити лазерним методом, Деталь уловлювач замінити на новий, оскільки його відновлення не доцільно. Карта дефєктації представлена у таблиці 1.6.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.6 – Карта дефектації

				Найменування вузла – черв’ячний вузол непривідної кліті		
				Номер вузла - 2		
				Найменування деталі – вал черв’ячний		
				Номер деталі - 4		
				Кількість на вузлі - 1		
				Матеріал деталі – Сталь 40ХН ДСТУ 7806:2015		
				Термообробка – відпал 2 роду, гартування 820-840 °С, відпуск – 550-600 °С.		
Твердість – 235...277 НВ						
№ позиції на ескізі	Найменування поверхні , або дефекту	Спосіб встановлення дефекту та вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб ремонту
			Номінальний	Без ремонту	Для ремонту	
1	2	3	4	5	6	7
1	Шпонковий паз	Замір, штангенцикуль 0,1-125 мм	14Р9			
2	Зубчасте зачеплення	Замір, шаблон				
3	Зовнішня циліндрична поверхня	Візуальний огляд				
4	Місце під підшипник	КВМ	Ø60g6	Ø59	Ø60g6	Наплавити і точити
5	Зношення місця під підшипник	КВМ	Ø60g6	Ø59,3	Ø60g6	Наплавити і точити
6	Зношення місця під підшипник	КВМ	Ø50js6	Ø48,9	Ø50js6	Наплавити і точити

Враховуючи, що зношеними поверхнями виявились шийки під підшипники, які можливо відновити.

1.4 Вибір методу відновлення деталі вал черв'ячний

Для відновлення різних пошкоджень деталі вал черв'ячний можна використовувати декілька методів відновлення .

1) Для відновлення шийок валу обираємо метод наплавлення. При наплавленні матеріалу шар металу рівномірно наноситься на відновлювану

поверхню і після наплавлення проводиться механічна обробка для досягання номінального розміру та подальша експлуатація деталі.

1.4.1 Розрахунок припусків на відновлення шийки черв'ячного валу

1) Розрахуємо граничні розміри деталі яка підлягає ремонту

- 1) найменування деталі – вал черв'ячний;
- 2) вид з'єднання – посадка із зазором Н7/г6 ;
- 3) розмір деталі – $\varnothing 60_{-0.029}^{0.01}$ мм
- 4) метод відновлення – наплавлення лазерним методом.

$$d_3 = d_{max} + \alpha \cdot ei \quad (1.1)$$

де $d_{н.маx}$ – максимальне значення діаметра нового вала;

α – число одиниць допуску до ремонту, $\alpha = 5$;

ei – нижнє відхилення допуску на виготовлення діаметр

$$d_3 = 59,99 - 5 \times 0,029 = 59,845 \approx 59,85 \text{ мм ;}$$

2) Розрахуємо припуск і розмір валу після попередньої механічної обробки:

$$2z = 2(R_{z.3} + T_3) \quad (1.2)$$

$$d_{п.по} = d_3 - 2z' \quad (1.3)$$

де $2z'$ – припуск на попередню механічну обробку ;

$R_{z.3}$ – шорсткість зношеної поверхні , $R_{z.3} = 20 \dots 100$ мкм ;

T_3 – дефектний шар зношеної поверхні , $T_3 = 0,1 \dots 0,8$ мм ;

$d_{п.о}$ – діаметр деталі після попередньої механічної обробки.

$$2 Z' = 2 (0,04 + 0,5) = 1,08 \text{ мм ;}$$

$$d_{п.о} = 59,85 - 1,08 = 58,77 \text{ мм ;}$$

3) Розрахуємо припуск на чистову обробку:

$$2 Z'' = 2 (R_{z \text{ ч.о}} + T_{\text{ч.о}}) \quad (1.4)$$

$$d_{\text{ч.о}} = d_{\text{н}} + 2 Z'' \quad (1.5)$$

де $R_{z \text{ ч.о}}$ – шорсткість поверхні після чорнової обробки відновленої деталі;

$T_{\text{ч.о}}$ – дефектний шар після чорнової обробки відновленої деталі;

$d_{\text{ч.о}}$ – діаметр відновленої деталі після чорнової обробки.

$$2 Z'' = 2 (0,15 + 0,3) = 0,9 \text{ мм ;}$$

$$d_{\text{ч.о}} = 60 + 0,9 = 60,9 \text{ мм ;}$$

4) Розрахуємо припуск на чорнову механічну обробку відновленого валу:

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$2 Z''' = 2 (R_{z\ B} + T_B) \quad (1.6)$$

$$d_B = d_{ч.о} + 2 Z''' \quad (1.7)$$

де $R_{z\ B}$ – шорсткість поверхні відновленої деталі;

T_B – дефектний шар відновленої поверхні;

d_B – діаметр деталі після відновлення .

$$2 Z''' = 2 (0.01 + 0.1) = 0,22 \text{ мм}$$

$$d_B' = 60,9 + 0.22 = 61.12 \text{ мм ;}$$

5) Визначення товщини нарощування шару при відновленні валу:

$$h = \frac{h=(d_{(п.по)}-d_B)/2}{2} = 1,175 \text{ мм} \quad (1.8)$$

1.5 Аналіз застосування нових технологій ремонту для відновлення шийки валу черв'ячного

1.5.1 Актуальність питання розробки нових технологій

Відновлення зношених деталей непривідної кліті є економічно доцільним, оскільки вимагає лише 20–60% вартості виготовлення нових елементів. Це знижує потребу ремонтних підрозділів у виробництві запасних деталей.

Види наплавлення:

Виготовальне наплавлення- використовується для формування біметалевих і багатошарових заготовок. Основний метал виконує несучу функцію, а наплавлений робочий шар забезпечує задані експлуатаційні параметри (зносостійкість, термостійкість, корозійна стійкість). Застосування методу обумовлене необхідністю отримання поверхонь з характеристиками, відмінними від базового металу, та високою вартістю виготовлення деталей із спеціальних сплавів.

Відбудовне наплавлення- призначене для відновлення номінальних розмірів деталей. Хімічний склад наплавленого металу може бути ідентичним основному (розмірне відновлення) або відмінним із забезпеченням підвищеної зносостійкості (функціональне відновлення).

Питомий вміст основного металу в наплавленому шарі залежить від способу й режимів наплавлення. Основні параметри процесу — продуктивність (кг/год, м²/год) і товщина шару за один прохід.

Класифікація способів:

За фізичною природою джерела нагрівання способи наплавлення поділяються на:

- термічні: електродугове, електрошлакове, плазмове, електронно-променеве, лазерне, індукційне, газове;

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- термомеханічні: контактне, прокаткою, екструдкуванням;
- механічні: вибухове, тертям.

Додаткові класифікаційні ознаки: технічні (методи захисту зони наплавлення, ступінь механізації, безперервність процесу) та технологічні (вид струму, кількість електродів, зовнішні енергетичні впливи).

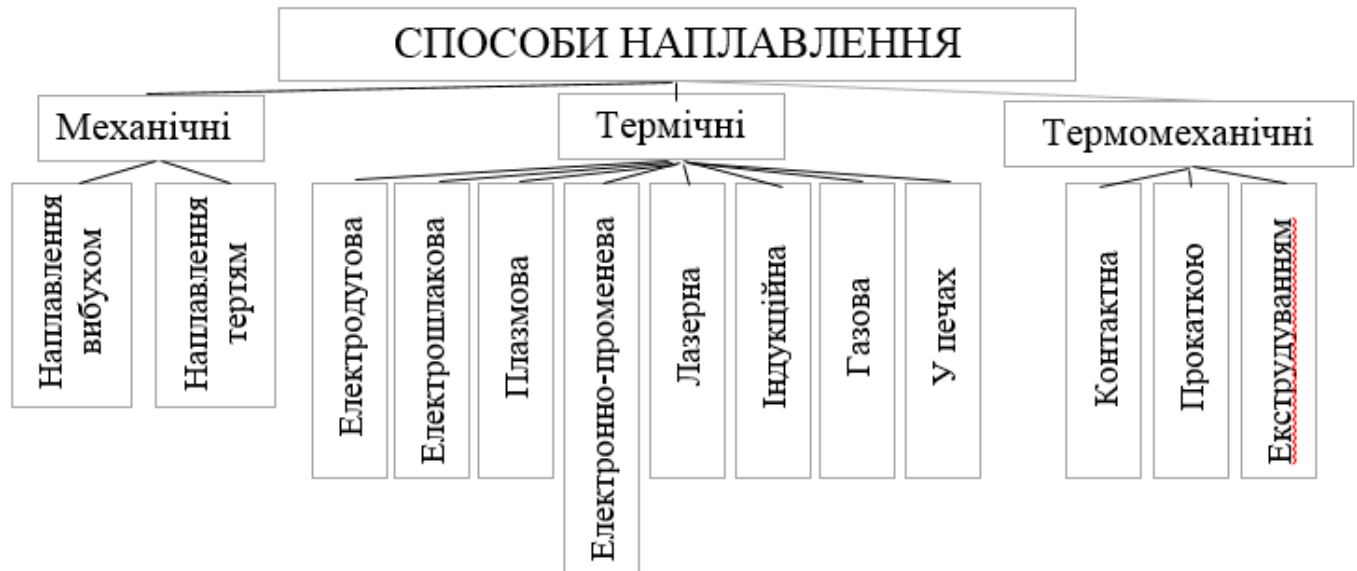


Рисунок 1.6 – Класифікація способів наплавлення

Найважливіші вимоги, що ставляться до наплавлення, полягають в наступному:

- мінімальне проплавлення основного металу;
- мінімальне переміщення наплавленого шару з основним металом;
- мінімальне значення залишкових напружень і деформацій металу в зоні наплавлення;
- зниження до прийнятних значень припусків на подальшу обробку деталей.

До нових технологій ремонту з використання зносостійких покриттів можна віднести :

- 1.Плазмове наплавлення та напилення;
- 2.Лазерне наплавлення та напилення;
- 3.Електронно-променеве наплавлення.

Проаналізуємо ці способи та оберемо найефективніший.

1.5.2 Плазмове напилення та наплавлення

Важливою експлуатаційною характеристикою процесу плазмового наплавлення є високий рівень формоутворення наплавлених валиків, що проявляється у стабільності їхніх геометричних параметрів та відтворюваності розмірів. За статистичними даними, у 95% випадків відхилення товщини наплавленого шару від номінального значення не перевищує 0,5 мм. Такий

рівень точності забезпечує зменшення витрат наплавлювальних матеріалів, скорочення тривалості технологічного циклу та мінімізацію припусків на подальшу механічну обробку.

Плазмове наплавлення сприяє підвищенню ресурсу деталей завдяки високій якості наплавленого металу, його структурній однорідності та оптимальним умовам кристалізації у зварювальній ванні.

Серед існуючих різновидів процесів найбільш широке промислове застосування має плазмове-порошкове наплавлення, яке відзначається універсальністю використання. Ключовою особливістю плазмового процесу є незначний рівень проплавлення основного металу, що забезпечує досягнення необхідної твердості та заданого хімічного складу наплавленого шару вже на глибині 0,3–0,5 мм від межі сплавлювання. Це дозволяє виконувати відновлення в один шар у випадках, коли електродугові методи потребують нанесення трьох-чотирьох шарів.

У дослідженнях з плазмово-порошковим наплавленням як наплавні матеріали використовуються сплави на основі нікелю або кобальту, з високою зносостійкістю та стабільністю властивостей. Сталь 40ХН сама по собі — легована хромонікелева конструкційна сталь; її хімічний склад (за стандартом) приблизно: С 0,36–0,44 %, Si 0,17–0,37 %, Mn 0,50–0,80 %, Cr 0,45–0,75 %, Ni 1–1,4 % (інші елементи — домішки). Але при напавленні, щоб забезпечити задані властивості поверхневого шару — напавлений метал має забезпечити інші вимоги: зносостійкість, твердість, однорідність структури.

При плазмово-порошковому напавленні важливо, щоб порошок містив легуючі елементи (Cr, Ni, B, Si тощо) у значеннях, які забезпечують потрібну твердість і зносостійкість, а не просто повторював склад основного металу.

Наприклад, один із використовуваних нікелевих порошків має приблизний склад: Ni $\approx$ 80 %, Cr $\sim$ 12–15 %, B $\sim$ 1,5–4 %, Si $\sim$ 0,5–4 %, C $\sim$ 0,3–1,0 %, Fe $\approx$ 5 %. Згідно з каталогами порошкових матеріалів, ми обрали порошки систем Ni-Cr-B-Si-C.

Таблиця 1.7 - Рекомендований хімічний склад порошків для напавлення

Марка порошку	Масова доля елементів, %								Твердість наплавленого металу, HRC _e
	C	Cr	Si	Fe	Ni	Co	W	B	
ПР-Н77Х15СЗР2	0,4	15,0	3,0	<5,0	Основа	-	-	2,1	35-45
ПР-Н73Х16СЗР3	0,7	16,0	3,2	<5,0	Основа	-	-	2,5	45-55
ПР-Н70Х17С4Р4	0,9	17,0	4,0	<5,0	Основа	-	-	3,5	55-60
ПР-Н68Х21С5Р	0,4	21,0	4,5	<5,0	Основа	-	-	1,1	40-46
ПРЦН65Х25СЗР3			2,7	<5,0	Основа	-	-	2,5	45-52
ПР-К60Х30ВС (ВЗК)	1,2	30,0	2,2	<3,0	<3,0	Основа	4,5	-	38-44

Під час плазово-порошкового наплавлення присадним матеріалом слугують гранульовані металеві порошки, які подаються у плазмотрон транспортним газом за допомогою спеціального порошкового живильника. У конструкції наплавних плазмотронів реалізуються три принципові схеми введення порошку в дуговий розряд (рис. 1.7):

- розподілене введення через кільцеву щілину між соплами;
- локальне бокове введення через один або кілька каналів у торцевій частині сопла;
- аксіальне введення через порожнистий електрод.

У промислових системах застосовують переважно перші дві схеми. Третій варіант, попри його потенційні переваги щодо повноти використання порошку, поки що не набув широкого впровадження через недостатню експлуатаційну надійність та низьку довговічність порожнистого електрода, через канал якого має подаватися присадний матеріал.

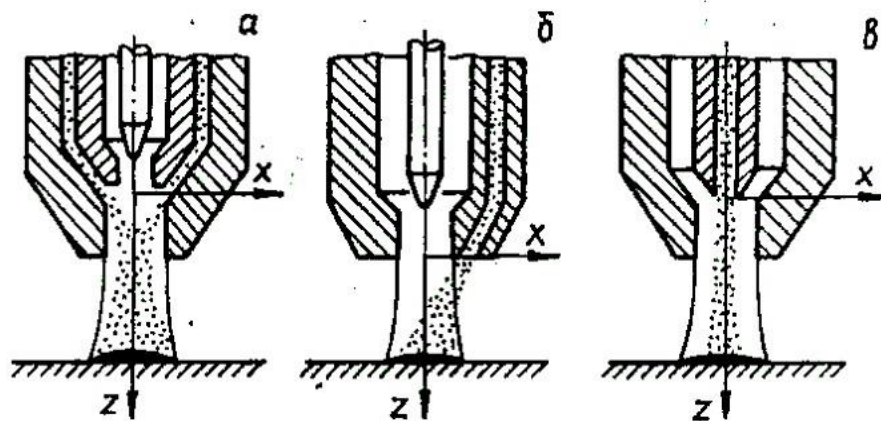


Рисунок 1.7 - Схеми введення порошку в дугу при плазово-порошковому наплавленні

Цей метод наплавлення застосовується для формування зносостійких покриттів на робочих поверхнях деталей машин при відновленні їх зношених ділянок. Завдяки можливості широкого регулювання співвідношення між тепловою потужністю дуги та подачею присадного (електродного) матеріалу, більшість варіантів плазового наплавлення забезпечують високу продуктивність при мінімальному проплавленні основного металу.

Найбільшого промислового поширення набуло плазово-порошкове наплавлення, оскільки порошкові присадки можуть виготовлятися практично з будь-якого придатного для наплавлення сплаву. Цей метод забезпечує досягнення необхідної твердості та заданого хімічного складу наплавленого металу вже на глибині 0,3–0,5 мм від поверхні контакту, що дозволяє виконувати одношарове відновлення у випадках, коли при електродуговому наплавленні потрібне нанесення 3–4 шарів.

У процесі дугової іонізації газ подається через канал, де формуються дуговий розряд і спрямований плазовий струмінь: тепловий вплив дуги іонізує газ, а електричне поле спрямовує рух плазми. Крім того, іонізація газу може

здійснюватися під дією височастотного електричного поля. Газ подається під тиском у 2...3 атм, у його середовищі збуджується електрична дуга силою струму 400...500 А та напругою 120...160 В. Іонізований газ досягає температури 10...18 тис. °С, а швидкість потоку — до 15000 м/с. Плазмовий струмінь утворюється у спеціальних пальниках — плазмотронах. Катодом у цьому випадку є неплавкий вольфрамовий електрод.

Поверхню деталі слід готувати до наплавлення ретельніше, ніж при звичайному електродуговому чи газовому зварюванні, оскільки сторонні включення зменшують міцність наплавленого шару. Для цього проводиться механічне оброблення поверхні (проточування, шліфування, піскоструменева обробка), інколи знежирення. Потужність електричної дуги підбирають такою, щоби деталь значно не нагрівалась та щоб основний метал був у стані на грані розплавлення.

За способом подавання присадного матеріалу плазмове наплавлення металу можна реалізувати двома способами:

1. струмінь газу захоплює й подає порошок на поверхню деталі;
2. у плазмовий струмінь вводиться присадний матеріал у вигляді дроту, прутка або стрічки.

Як плазмотвірний газ можна використовувати аргон, гелій, азот, кисень, водень та повітря. Найкращі результати наплавлення отримують при використанні аргону та гелію.

Перевагами плазмового наплавлення є:

1. Висока концентрація теплової потужності й мінімальна ширина зони термічного впливу.
2. Можливість отримання товщини наплавленого шару від 0,1 мм до декількох міліметрів.
3. Можливість наплавлення різноманітних зносостійких та антифрикційних матеріалів (мідь, латунь, пластмаса) на сталеву деталь.
4. Можливість виконання плазмового гартування поверхні деталі.
5. Відносно високий ККД дуги (0,2 ...0,45).
6. Мале (у порівнянні з іншими видами наплавлення) перемішування матеріалу наплавлення з основою, що дозволяє досягнути необхідних характеристик покриттів.

1.5.3 Електронно-променеве наплавлення

Електронно-променеве наплавлення застосовується відносно рідко через високу вартість процесу, проте його технологічні переваги роблять його незамінним для вирішення спеціалізованих завдань.

У всіх електронно-променевих процесах електронний пучок виступає як енергоносіє, який у відповідній формі впливає на оброблюваний матеріал. Пучок формується в електронній гарматі, де відбувається емісія вільних електронів, їхнє прискорення в електростатичному полі, фокусування та відхилення за допомогою магнітних і електричних полів. Через вихідний отвір гармати пучок подається у робочу камеру, де розташовуються або вводяться об'єкти обробки — заготовки чи матеріали, наприклад, деталі з нанесеною шихтою при наплавленні.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У разі напилювання робоча камера обладнується пристроями для подачі матеріалу, що випаровується, а також механізмами кріплення та переміщення виробу або підкладки. Конструкція таких пристроїв є спеціалізованою та визначає конфігурацію конкретної установки електронно-променевої технології.

Формування електронного пучка та його безперешкодне проходження до об'єкта можливе лише при високому вакуумі. Тому відкачуються як камера електронної гармати, так і робоча камера. Вакуумні системи є критичною складовою будь-якої установки електронно-променевих технологій. У камері гармати підтримується тиск 10^{-2} – 10^{-4} Па, у робочій камері — близько 10^{-2} Па. У спеціальних випадках, при застосуванні пучків з енергією ≥ 150 кеВ(кілоелектронВольт), робочий тиск може варіюватися в межах 1–100 кПа. Взаємодія молекул газу з електронами пучка залежить від тиску, природи газу, прискорювальної напруги та струму пучка.

При зіткненні електронного пучка з матеріалом кінетична енергія електронів перетворюється у різні форми енергії через сукупність елементарних процесів. У таких процесах, як плавка, зварювання, наплавлення, випар і термічна обробка, використовується теплова енергія, що виділяється. При нетермічній обробці та в хімічних електронно-променевих технологіях взаємодія електронів із атомами та молекулами призводить до їх збудження та іонізації, що запускає відповідні хімічні реакції.

Застосування електронно-променевих технологій дозволяє одержувати наплавлені шари з різними специфічними властивостями і з'єднувати матеріали, що складно зварюються один з одним. Сполучення металів і металокерамічних композицій, які можна зварювати і наплавляти один на одного з використанням електронно-променевих технологій, приведені на (рис. 1.8).

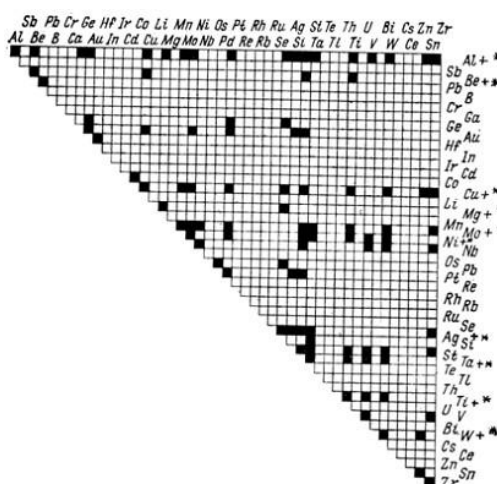


Рисунок 1.8 - Метали і металокерамічні композиції, які з'єднуються з використанням електронного променя

Можливість фокусування електронного пучка на різних глибинах від поверхні забезпечує роздільний прогрів основного та наплавленого металів, що підвищує контрольованість процесу. До технологічних переваг електронно-променевого наплавлення відносяться високі швидкості зварювання та

наплавлення (до 1–2 м/с). Проведення процесу у вакуумі сприяє рафінуванню металу під час плавлення та суттєво підвищує його механічні характеристики. Використання вакууму усуває необхідність додаткових заходів захисту зварювальної ванни від атмосферного впливу, а присадний матеріал у вигляді дроту, стрічок або порошку може містити лише легуючі елементи. Додатково, можливість відхилення пучка під значними кутами дозволяє виконувати наплавлення складних поверхонь без переміщення електронної гармати або об'єкта обробки.

Разом із технологічними перевагами, електронно-променеві методи мають і певні обмеження. Так, деякі метали легко випаровуються у вакуумі під час нагрівання, що може призводити до втрат матеріалу на покритті. Крім того, вартість установок для електронно-променевого зварювання та наплавлення значно перевищує аналогічні установки інших типів, що вимагає конструктивного й технологічного оптимального використання їхніх переваг для конкретних виробничих завдань.

Суттєвою особливістю електронно-променевого наплавлення є досяжно висока швидкість зварювання, що потребує мінімізації часу непродуктивних допоміжних операцій. Типовим прикладом є автоматизовані установки для наплавлення вісесиметричних деталей масового виробництва (вали, кулачки тощо). Робочий цикл таких установок включає етапи: завантаження/розвантаження, переміщення деталі під наплавлення, відкачка робочого об'єму до необхідного тиску (наприклад, 1 Па), виконання наплавлення та напуск повітря.

Оптимізація циклу передбачає одночасне виконання завантаження/розвантаження з іншими операціями, а також скорочення часу переміщення деталей, відкачки та напуску повітря. Для цього часто використовують поворотні столи з декількома гніздами для одночасного розташування кількох деталей. Короткочасну відкачку та напуск забезпечують «нульові камери», які максимально повторюють форму деталі та зменшують обсяг для відкачки до кількох кубічних дециметрів, що дозволяє досягати тиску 1 Па за декілька секунд.

На прикладі установки з чотирма «нульовими камерами», розташованими на поворотному столі, час циклу складає 20 с, з яких 5 с витрачаються на зварювання. «Нульові камери» разом з деталлю повертаються під час роботи, що дозволяє наплавляти й не симетричні деталі. Аналогічні рішення застосовуються і для наплавлення.

У ряді випадків виникає необхідність створення установки, здатної забезпечувати зварювання або наплавлення широкого спектра заготовок та виконання швів різноманітної конфігурації. При цьому габаритні розміри деталей можуть суттєво відрізнятися, а технологічне завдання часто передбачає нанесення кількох швів на одну деталь або наплавлення декількох поверхонь. За таких умов застосування «нульових камер», магазинів заготовок чи шлюзових пристроїв стає неможливим. Теоретично можливе використання технології наплавлення з виходом електронного пучка в атмосферу, однак

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

через високу складність реалізації цей метод практично не використовується у промисловому виробництві.

Під випарним осадженням, як різновидом іонного плакування, розуміють процес вакуумного нанесення покриттів, за якого між джерелом випару та підкладкою формується спрямований потік парової фази матеріалу. Оскільки формування та транспортування електронних пучків також можливі лише у вакуумному середовищі, застосування електронно-променевих джерел для випару матеріалів не потребує додаткових витрат на створення вакууму й може бути інтегроване у технологічний процес без ускладнень.

Принцип електронно-променевого випару пояснений на рис. 1.9. У своїх основних рисах установка для електронно-променевого випару складається з технологічної камери зі своєю системою відкачки, тигля з матеріалом, що випаровується, електронної гармати, заслінки для пари і підкладки з пристосуваннями для її кріплення, а іноді - нагрівання.

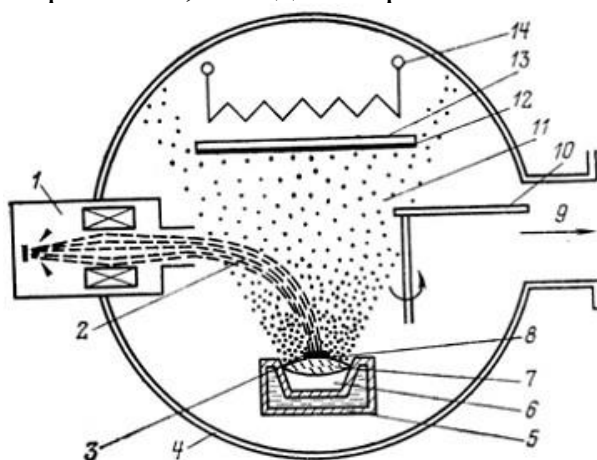


Рисунок 1.9 – Принцип електронно-променевого випару: 1- електронна гармата; 2 - електронний пучок; 3 - поверхня, що бомбардується пучком; 4 - кожух технологічної камери; 5 – водоохолоджуваний тигель; 6 - матеріал, що випаровується; 7 - розплавлена частина матеріалу; 8 - поверхня випару; 9- до вакуумній системі; 10 - діафрагма випарника; 11 - потік пари; 12 - шар; 13 - підкладка; 14-підігрівник підкладки.

На противагу, традиційним способом нагрівання матеріалу, що тут випаровується, нагрівається внаслідок прямого бомбардування його поверхні електронним пучком. При цьому істотна частка кінетичної енергії електронів пучка перетворюється в тепло і поверхня нагрівається до такої температури, що стає джерелом пари. У цьому потоці пари розташовують підкладку, на яку конденсується частина пари, тобто виконується напилювання.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ

Арк.

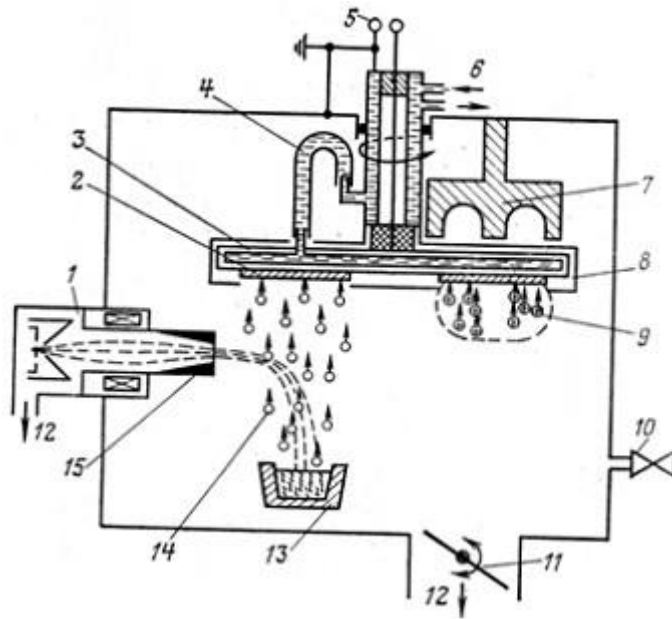


Рисунок 1.10 – Установка для перемежованого іонного плакування з поворотним власником підкладок, електронно-променевим випарником і плазмотроном як іонізуючий пристрій: 1 – гармата; 2 – підкладки; 3 – поворотна тарілка; 4 – водяний резистор; 5 – підключення до джерела живлення (400 – 800 В, 10 А постійного струму); 6 – водоохолодження; 7 – плазмотрон; 8 – екран; 9 – іони; 10 – вентиль напуску газу; 11 – дросель вакуумної системи; 12 – до насоса; 13 – тигель; 14 – пар; 15 – ділянка високого опору плинугазу. Випарний пристрій доповнюють засобами виміру і контролю, що особливо важливо для керування параметрами електронного пучка в процесі одержання покриття.

Застосування іонного плакування дозволяє одержати велику міцність зчеплення плакуючого матеріалу з підкладкою, а також змінити структуру і топографію поверхні нанесеного шару. До достоїнств іонного плакування відноситься також те, що процес може вестися в низькому вакуумі (10^{-2} – 10 Па). Відмінність від випарних процесів полягає у тому, що випарований матеріал іонізується, а підкладка одержує негативний заряд для кращого осадження іонів. Одна з можливих схем установки для іонного плакування наведена на рис. 7.8.

Усі процеси наплавлення й одержання покриттів з використанням електронного променя сьогодні відносно мало поширені, і для їхньої реалізації вимагаються додаткові дослідження і розробки під конкретне виробництво. Також специфічні матеріали для наплавлення електронним променем серійно не випускаються і при організації наплавлення необхідні заходи для їх виробництва.

1.5.4 Лазерне наплавлення та напилення

Найбільшу перспективу мають при лазерному напавленні безупинні CO₂ - лазери потужністю 1 КВт і більш.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Існує три способи лазерного наплавлення:оплавлення попередньо нанесених порошкових паст (шлікерних покриттів);о плавлення напилених шарів (лазерне переплавлення напилених покриттів); з подаванням матеріалу в зону плавлення (газопорошкове лазерне наплавлення).

Розглянемо специфіку першого методу — лазерного наплавлення з оплавленням шлікерних покриттів, або шлікерного лазерного наплавлення. Одним із ключових факторів у цьому процесі є вибір зв'язувальної речовини для приготування пасти. У практиці застосовують широке коло органічних та неорганічних зв'язуючих компонентів, зокрема: епоксидні смоли, самотвердні пластмаси, розчин бури в ацетоні, спиртовий розчин каніфолі, ізопропіловий спирт, рідке скло, силікатний клей, вуглеводневі сполуки, жири, клей БФ-2, цапонлак, оксіетилцелюлозу, клейстер, клей «Суперцемент» та інші матеріали.

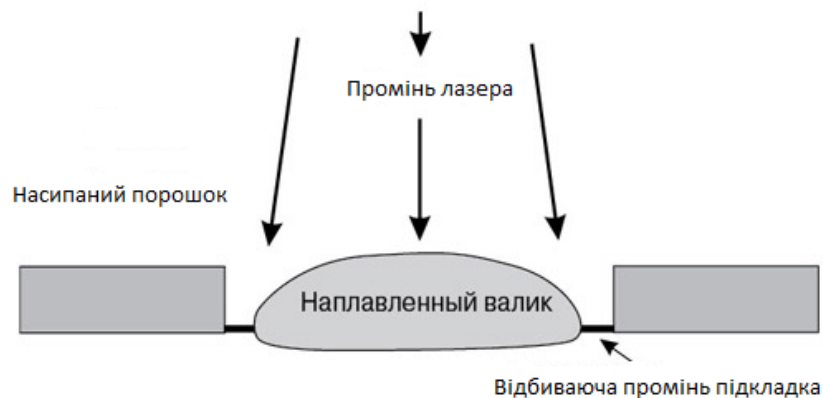


Рисунок 1.11 – Шлікерне лазерне наплавлення

Встановлено, що виникнення сажеподібних продуктів згоряння і розкладання більшості зв'язувань призводить до викидання порошку з зони обробки і періодичному екрануванню випромінювання. У результаті утворюються шви з великим проплавленням підкладки, нерівномірною глибиною проплавлення і невисоким вмістом легуючих елементів у шарі. Гарні результати отримані при використанні ІЕЗ ім. Є. О. Патона на нітроцелюлозній основі з невеликим вмістом сухого залишку (цапонлак, клейстер, оксіетилцелюлоза). Ці зв'язуючі під впливом лазерного променя згорають з утворенням газоподібних продуктів і не перешкоджають формуванню валиків.

У ряді випадків можливе приготування шлікерного шару на каучуковій основі, що додає цьому шару велику еластичність і гнучкість, і він може легко накладатися на поверхню складної форми.

Основними параметрами шлікерного лазерного наплавлення є потужність лазерного випромінювання P , швидкість обробки V і діаметр лазерної плями $dП$ (чи ступінь розфокусування Δf). Дослідження впливу параметрів лазерної обробки на процес формування валиків при оплавленні шару порошкової пасти показало, що існує вузька область режимів, що забезпечують одержання рівномірних валиків з мінімальним підплавленням основи, тобто коефіцієнт перемішування $\gamma = 0,1$.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У процесі формування одиничного наплавленого валика по його краях на поверхні зразка виникають оголені ділянки, поява яких зумовлена вигоранням зв'язувальної речовини та втягуванням порошкового матеріалу в розплав (рис. 1.12). Спроби усунути вигорання зв'язувального шляхом підвищення його термостійкості, зокрема додаванням до суміші графіту або керамічних компонентів, виявилися малоефективними, оскільки такі модифікації погіршують формування валика та сприяють утворенню пор.

Зменшення ширини оголених зон може бути досягнуте шляхом збільшення розтікання розплавленої ванни, що можливе лише за умов невисоких швидкостей наплавлення (менш ніж 5 мм/с) та при малій товщині наплавленого шару (до 200 мкм). Встановлено також, що інтенсивність вигорання зв'язувального і ширина оголеної ділянки зменшуються при обдуванні зони взаємодії захисним газом.



Рисунок 1.12 – Схема формування одиничного валика при оплавленні шликерного покриття: 1 — вигорання зв'язування; 2 — затикування порошку в розплав

У більшості випадків при необхідності накладення поруч наступного валика потрібне відновлення шару пасту. Тому процес лазерного наплавлення з оплавленням шликерних покриттів перспективний при нанесенні одиничних валиків.

Одержання широких поверхневих шарів з перекриттям смуг легко здійснюється при другому методі лазерного наплавлення — лазерному переплавленні, напилених покриттів. Перевагами цього методу перед лазерним шликерним наплавленням є: відсутність вигорання шару по сторонах від оплавленого обсягу, більш повне використання порошку, відсутність кіптяви і

сажі. Одночасно в цьому випадку вдається поліпшити властивості напилених покриттів, особливо їхня міцність зчеплення з підкладкою, що після напилення не перевищує 70 МПа.

Коефіцієнт поглинання поверхні з напиленим шаром звичайно знаходиться на рівні 0,25...0,5 у залежності від складу шару і дисперсності часток. Технологічні параметри процесу лазерного оплавлення напилених покриттів ті ж, що і при лазерному шлікерному наплавленні.

Мається вузький інтервал режимів, що забезпечують одночасно повне переплавлення напиленого шару і невелике підплавлення поверхні підкладки. При цьому збільшення питомої енергії $E_s = P/(V \times d_{\text{пл}})$ приводить до збільшення глибини і ширини оплавлених смуг і до зниження в них твердості (рис. 1.13).

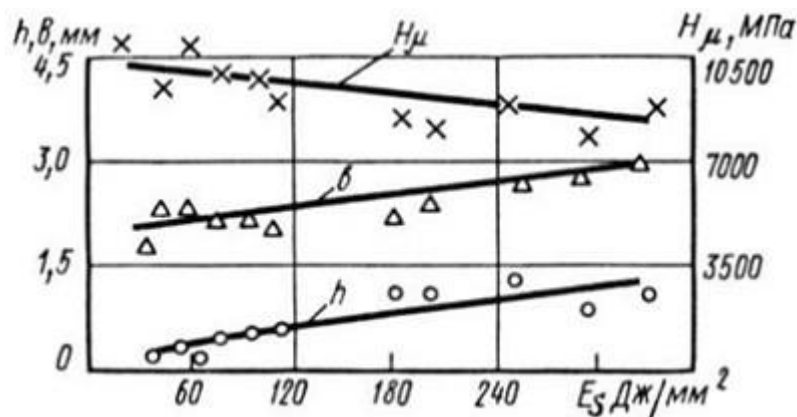


Рисунок 1.13 – Залежність глибини h , ширини b і мікротвердості зон оплавлення від питомої енергії E_s при лазерному оплавленні плазмового покриття з порошку Г1Г-ХН80СРЗ товщиною 1 мм

Дослідження лазерного наплавлення покриттів із нікель-хром-бор-кремнієвого порошку завтовшки 1 мм, попередньо нанесеного плазмовим методом, у діапазоні режимів: потужність $P = 2...3,3$ кВт, швидкість переміщення $V = 20...50$ мм/с, діаметр плями випромінювання $d_{\text{пл}} = 0,5...1,6$ мм, показало, що глибина оплавлення змінюється від 0,5 до 1,25 мм.

При неповному переплавленні в структурі покриття спостерігається пористість, що зумовлена дегазацією підповерхневих шарів. У режимах повного переплавлення пори практично відсутні. Формування валиків із коефіцієнтом перемішування $\gamma = 0,1$ забезпечує хімічний склад, близький до складу вихідного порошку. Обробка з перекриттям сусідніх смуг не спричиняє суттєвих змін мікротвердості та мікроструктури в зонах повторного переплавлення і термічного впливу (рис. 1.14).

Максимальна висота мікронерівностей поверхні становить 50...70 мкм. За потреби технологія дозволяє легко реалізувати додаткове легування шару шляхом нанесення модифікувальних компонентів на поверхню перед лазерним оплавленням.

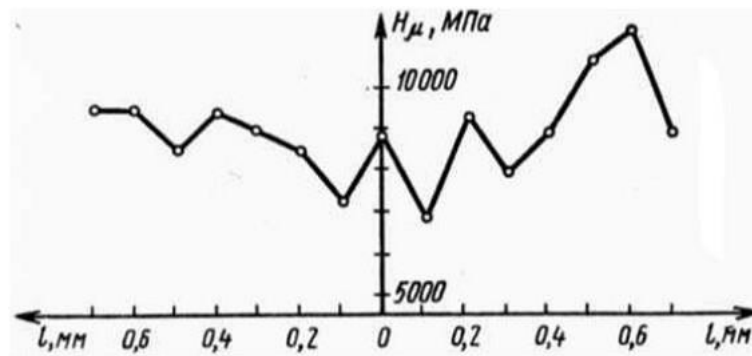


Рисунок 1.14 – Зміна мікротвердості поперек двох смуг, отриманих опаленням напильного никельхромборкремнієвого сплаву

Незважаючи на ряд переваг метод лазерного опалення напильних покриттів має той недолік, що потрібна досить складна операція попереднього напильнення. Метод може виявитися перспективним для поліпшення властивостей напильних покриттів на локальних важко навантажених ділянках поверхні.

Третій метод порошкового лазерного напильнення здійснюється безпосередньо в зоні впливу лазерного променя при подачі порошку чи насипанням за допомогою газу. Процес транспортування порошку за допомогою газу називається газопорошковим лазерним напильненням (ГПЛН). Як показано на рис. 7.14, подача порошку може здійснюватися вслід руху зразка і назустріч руху, двосоплово або коаксіально

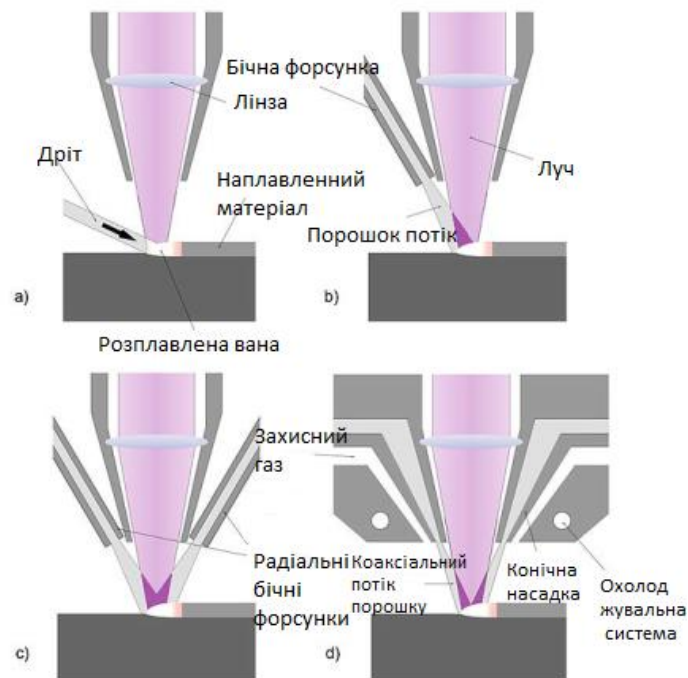


Рисунок 1.15 – Схеми подавання матеріалу у зону напильнення:

a – бічна подача дроту, b – бічна подача порошку, c – радіальна подача порошку, d – коаксіальна подача порошку

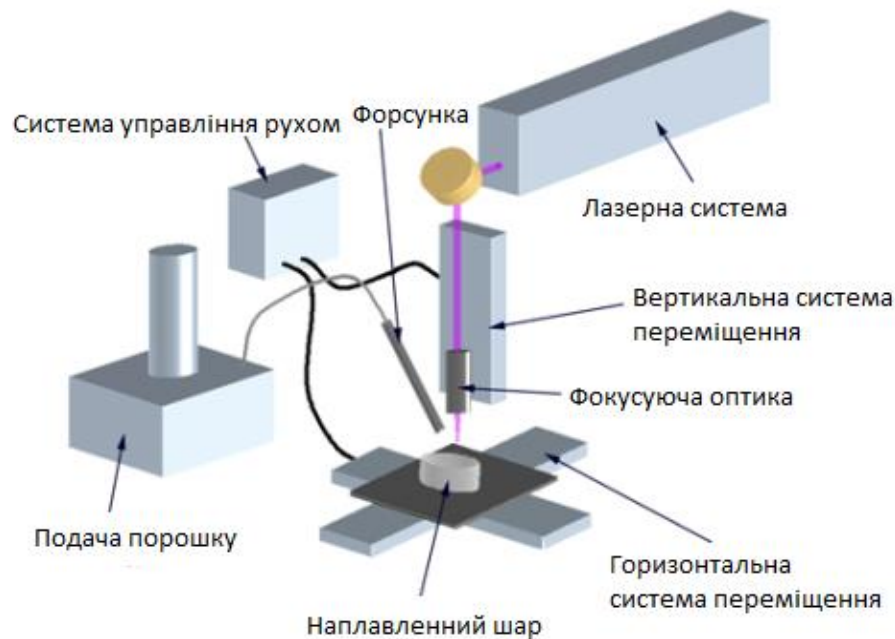


Рисунок 1.16 – Схема обладнання для газопорошкового лазерного наплавлення

На формування валиків при ГПЛН впливають не тільки режими лазерної обробки, але і параметри подачі порошку: масова витрата порошку G_P , дистанція подачі L , кут нахилу осі живильника до лазерного променя α .

Якість процесу наплавлення визначають такі характеристики: висота h і ширина b наплавлених валиків і їхня рівномірність; коефіцієнт перемішування γ , дорівнює відношенню площі розплавленого металу підкладки до площі всього розплавленого металу в поперечному перерізі шва; коефіцієнт використання порошку $K_{ВП}$, дорівнює відношенню маси порошку, витраченого на формування валика, до маси усього витраченого порошку.

Результати виміру цих характеристик при різних режимах ГПЛН хромонікелієвих сплавів наведено на рис. 1.17, 1.18 і в таблиці 1.8. Подача порошку здійснювалася вслід руху зразка.

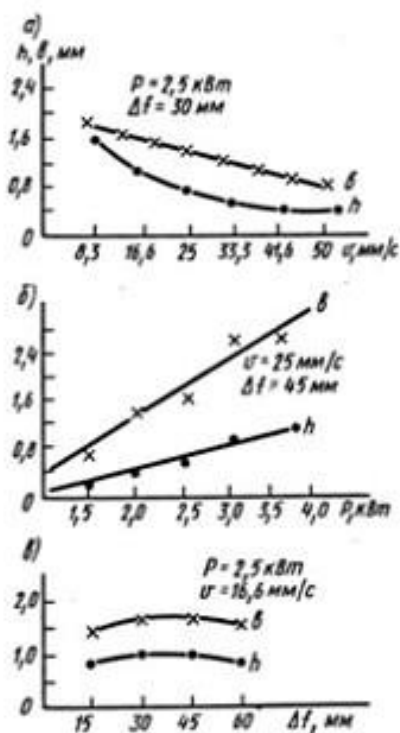


Рисунок 1.17 – Залежність висоти h і ширини b валиків зі сплаву ПГ-СР2 від параметрів лазерного наплавлення: а — швидкості переміщення; б — потужності випромінювання; в — ступені розфокусування випромінювання. Параметри подачі порошку постійні: $G_{\text{П}} = 0,845 \text{ г/с}$, $L = 15 \text{ мм}$, $\alpha = 45^\circ$

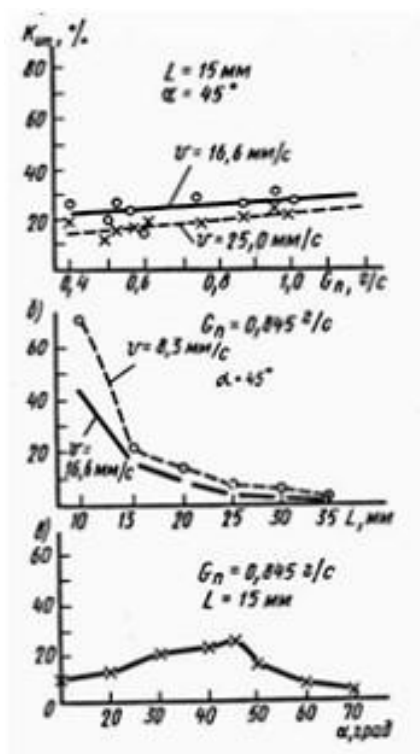


Рисунок 1.18 – Залежність коефіцієнта використання порошку при наплавленні сплаву ПГ-СР2 на плоскі сталеві зразки від параметрів подачі порошку: а — масової витрати; б — дистанції подачі; в — кута подачі. Параметри лазерної обробки постійні: $P = 2,5 \text{ кВт}$, $\Delta f = 30 \text{ мм}$

Аналіз отриманих залежностей показує, що на геометричні параметри наплавлених валиків найбільший вплив справляють потужність лазерного випромінювання та швидкість переміщення. Із підвищенням швидкості обробки від 8,3 до 50 мм/с спостерігається зменшення розмірів валиків: ширина зменшується приблизно вдвічі, а висота — у чотири рази. Це пояснюється тим, що зі зростанням швидкості скорочується час дії випромінювання на одиницю площі, знижується кількість порошку, що надходить у зону оплавлення, та зменшується обсяг розплавленого матеріалу. У результаті різко знижується коефіцієнт використання порошку.

Коефіцієнт перемішування γ перебуває в складній кореляційній залежності зі швидкістю обробки. Згідно з даними таблиці 1.8, значення γ зростає зі збільшенням швидкості, що пов'язано зі зменшенням щільності нанесеного порошку на одиницю площі поверхні. При оцінюванні діаметра або площі плями масової подачі порошку характер залежності може змінюватися. Проте загалом видно, що коефіцієнт перемішування має невелике значення та може бути точно регульований у процесі ГПЛН, що є важливою технологічною перевагою методу.

Таблиця 1.8 – Залежність коефіцієнта перемішування від параметрів наплавлення

Режими обробки	Значення γ при потужності випромінювання, кВт				
V, мм/с при $\Delta f=30$ мм	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
8,3	0,01	0,022	0,012	-	0,04
Δf , мм при V=16,6 мм					
15	0,034	0,056	0,055	0,025	0,15

При збільшенні потужності від 1,5 до 3,5 кВт ширина і висота валиків збільшуються, тому що зі збільшенням щільності потужності збільшується прогрів матеріалу підкладки і росте коефіцієнт використання порошку. Коефіцієнт використання порошку КВП збільшується при збільшенні потужності від 2 до 78 %. Коефіцієнт перемішування також збільшується зі збільшенням потужності.

Зі збільшенням ступеня розфокусування Δf , тобто зі збільшенням діаметра плями, зменшується щільність потужності випромінювання і внаслідок цього зменшується коефіцієнт використання порошку, тому висота валиків трохи зменшується. Ширина ж валиків спочатку незначно зростає через розплавлення периферійних часток струменя порошку, а потім знижується, тому що зменшується щільність потужності випромінювання, особливо по периферії плями. Коефіцієнт γ зі збільшенням Δf зменшується.

Параметри подачі порошку (G_p , L та α) істотно впливають на формування наплавлених валиків, причому характер цього впливу є різноспрямованим. При збільшенні масової витрати порошку G_p від 0,5 до 1,2 г/с ширина та висота валиків зростають, що пов'язано з підвищенням коефіцієнта використання порошку (КВП). Водночас коефіцієнт перемішування γ зменшується з 0,12–0,14 до 0,06–0,07.

Зі збільшенням відстані L між соплом і зоною обробки від 5 до 35 мм ширина валика зростає через розширення струменя частинок, однак знижується щільність потоку, зменшується КВП та висота валика. При цьому коефіцієнт γ істотно збільшується — від 0,07 до 0,65.

Підвищення кута подачі порошку α до 45° призводить до збільшення висоти валика, оскільки в цьому випадку подача здійснюється практично нормально до фронту кристалізації, що сприяє інтенсивнішому поглинанню частинок і підвищенню КВП. Подальше збільшення α знижує КВП та відповідно зменшує висоту валика. Ширина залишається майже незмінною, а коефіцієнт γ збільшується з 0,05–0,14 до 0,2–0,47.

На формування наплавлених валиків істотний вплив мають також додаткові технологічні параметри газопорошкового наплавлення, зокрема напрямок подачі порошку відносно траєкторії руху зразка, вид транспортуючого газу, гранулометричний склад, морфологія частинок та їх хімічний склад. У випадку подачі порошку назустріч руху деталі газопорошковий струмінь зумовлює зміщення рідкої ванни у протилежний бік, що інтенсифікує її розтікання. Це призводить до підвищення коефіцієнта використання порошку приблизно у 1,5 рази, а також до збільшення висоти й ширини валика у 1,5...2 рази. При цьому характер впливу основних режимних параметрів на формування валика залишається аналогічним до випадку подачі порошку за напрямком руху.

Поверхня сформованих валиків, як правило, вирізняється підвищеною шорсткістю, що зумовлено неповним розплавленням частинок порошку на фінальному етапі кристалізації. Для зменшення шорсткості застосовують такі технологічні прийоми: повторне оплавлення поверхні без подачі порошку за зниженої потужності або підвищеної швидкості, зміщення центру порошкового струменя в передню частину плями опромінення, збільшення діаметра лазерної плями до значення, що перевищує діаметр газопорошкового струменя, тощо.

У всіх перелічених випадках подача порошку назустріч руху зразка забезпечує кращий результат, оскільки частинки перетинають лазерний промінь, додатково нагріваються в польоті та інтенсивніше оплавляються, що приводить до суттєвого зниження шорсткості поверхні наплавленого валика.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.9 - Залежність КВП від параметрів режиму наплавлення

V, мм/с	Значення КВП при параметрах подавання порошку $G_{\Pi} = 0,845$ г/с, $L = 15$ мм, $\alpha = 45^{\circ}$							
	P= 2,0 кВт				P = 2,5 кВт			
	вслід	назустріч	вслід	назустріч	вслід	назустріч	вслід	назустріч
	$\Delta f=30$ мм		$\Delta f=30$ мм		$\Delta f=30$ мм		$\Delta f=45$ мм	
50	19	26,5	13,7	29	17,5	27,5	8,2	28,8

При подачі порошку під кутом 90° до напрямку руху зразка (і валика, що формується) газопорошковий струмінь впливає на рідку ванну, у результаті чого валик деформується убік, що збігається з напрямком подачі порошку. Усунути деформацію валика, одночасно збільшити його ширину і підвищити КВП вдається при використанні двосоплової подачі порошку назустріч один одному. При цьому на особливості формування ваваликів впливає розташування сопел. У цьому випадку є перспектива регулювання форм наплавлених валиків за рахунок зміни масових витрат порошку в соплах, а також одержання шарів з різним складом і властивостями за рахунок подачі через сопла різних за складом присадних порошків.

Форма наплавлюваної поверхні, також впливає на процес формування валиків. При переході від наплавлення на плоскі зразки до наплавлення на циліндричні насамперед зменшується КВП. У таблиці 3 дані значення КВП при наплавленні сплаву ПГ-СР2 на циліндричні зразки при подачі порошку назустріч руху і $\Delta f = 30$ мм, $G_{\Pi} = 0,985$ г/с, $L = 15$ мм. Для збільшення КВП при наплавленні на циліндричні зразки зону оплавлення звичайно зміщають від zenіту вперед по ходу обертання зразка. Тоді розплавлена ванна одержує увігнуту форму, що сприяє зменшенню відскоку часток порошку.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.10 – Залежність КВП від параметрів режиму наплавлення циліндричних поверхонь

V, мм/с	Значення КВП, %, при наплавленні на циліндричні зразки діаметром 35 мм	
	P = 2 кВт	P = 2,5 кВт
8,3	18,5	16,0
16,6	13,5	16,0
25,0	10,5	9,0
33,3	2,1	4,0
41,6	—	4,7

При коаксіальному газопорошковому наплавленні подача порошкового потоку в область дії лазерного випромінювання здійснюється симетрично з усіх напрямків, формуючи стискальний конус, що фокусується у зоні опромінення. Основною технологічною складністю цього методу є забезпечення стабільного та рівномірного формування такого симетричного конуса частинок. Коаксіальна схема подачі є найбільш універсальною для отримання однорідних та композитних покриттів на поверхнях різної геометрії — як плоских, так і тривимірних.

Цей спосіб забезпечує осьову симетрію відносно напрямку наплавлення, рівномірну форму валиків, високу продуктивність, а також підвищений коефіцієнт використання наплавленого матеріалу під час обробки складних поверхонь. Водночас складність реалізації коаксіального введення газопорошкової суміші є одним із основних недоліків цієї технології.

Як транспортуючий газ можуть використовуватися повітря, азот, гелій, аргон або вуглекислий газ.

У разі застосування самофлюсуючих порошків тип газу практично не впливає на якість формування покриття.

Для несамофлюсуючих порошків необхідне використання інертних газів, оскільки в умовах подачі на повітрі відбувається інтенсивне окиснення частинок, що призводить до пороутворення та неповного сплавлення порошку у валиках.

До недоліків газопорошкового лазерного наплавлення також належать неповне використання порошкового матеріалу та потреба у застосуванні складних систем для його подачі та уловлювання частинок, що відбиваються від поверхні.

1.5.5 Аналіз матеріалів, що використовуються для лазерного наплавлення

Необхідність розробки й створення покриттів з підвищеними властивостями виникає в різних областях сучасного машинобудування все частіше. З метою економії металу, використовуюваного при виробництві деталей, і зниження мас конструкцій розробляються сплави й покриття, що виконують

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

строго певні функції. Функціональні покриття, у такому випадку, – спроба інженерів максимально оптимізувати конструкцію, але вже не на рівні механіки, а на більш високому рівні, що враховує всі зовнішні фактори, що діють на кожну деталь механізму окремо.

Композиційні матеріали (КМ) – це матеріали, утворені об'ємною комбінацією хімічно різнорідних компонентів із чіткою границею роздільності між ними. КМ характеризуються властивостями, якими не має жоден з компонентів, узятий окремо. Основні напрямки використання КМ у виробництві – створення покриттів з підвищеними властивостями: корозійностійкими, жаростійкими, антифрикційними, зносостійкими, радіаційно-стійкими, і т.п.

Для створення композиційних покриттів методами наплавлення можна використовувати як чисті, так і композитні порошки, що представляють собою суміші певного складу в кожній частці порошку. Композиційні порошки, відповідно до сприйманих навантажень, можуть мати різні архітектури:

- тверді частки в м'якій матриці для зміцнення поверхні,
- м'які антифрикційні частки у твердій матриці для підвищення зносостійкості,
- високоміцний каркас, заповнений пластичним матеріалом – зносостійкість разом з контактною міцністю,
- рівномірна суміш легких міцних часток з важкими каркасоутворюючими – для зниження питомої маси при збереженні міцності.

Деталі, створені з матеріалу з таким покриттям, мають ресурс роботи, що значно перевершує ресурс деталей з мономатеріалів.

Таблиця 1.11 – Рекомендуючий хімічний склад порошків для наплавлення

Марка порошку	Масова доля елементів, %								Твердість наплавленого металу, HRC _e
	C	Cr	Si	Fe	Ni	Co	W	B	
ПГ-СРЗ	0,5	15,0	3,0	<5,0	Основа	-	-	2,4	45-52
ПГ-СР4	0,8	16,5	3,7	<5,0	Основа	-	-	3,3	55-60
ПР-Н77Х15СЗР2	0,4	15,0	3,0	<5,0	Основа	-	-	2,1	35-45
ПР-Н73Х16СЗР3	0,7	16,0	3,2	<5,0	Основа	-	-	2,5	45-55

На сьогодні коаксіальне лазерне наплавлення є одним із найбільш затребуваних методів відновлення зношеної або пошкодженої геометрії металевих деталей машинобудівного обладнання. При ремонті великогабаритних елементів складної просторової форми — валів, пресформ, ливарних форм, корпусних вузлів металургійного обладнання — застосування коаксіального лазерного наплавлення дає змогу істотно знизити витрати завдяки

економному використанню матеріалу, скороченню часу механічної обробки та зменшенню обсягу задіяного технологічного оснащення.

Наплавлений шар, отриманий у процесі ремонту, характеризується високою щільністю та міцністю, які, як правило, не поступаються характеристикам основного матеріалу. За умови раціонального добору присадкового порошку механічні властивості відновленої поверхні можуть істотно перевищувати властивості вихідного матеріалу, що сприяє підвищенню експлуатаційного ресурсу відремонтованої деталі.

Висновок. Основні технологічні переваги методів лазерного наплавлення полягають у такому:

- Мінімальні теплові внески в оброблювану деталь;
- Відсутність значних термічних деформацій та мінімальні розміри зони термічного впливу;
- Низький коефіцієнт перемішування наплавленого металу з матеріалом основи (глибина проплавлення основного металу становить лише кілька десятків мікрметрів);
- Можливість формування поверхневих шарів малої товщини — на рівні кількох сотень мікрметрів.
- Можливість сформувати задані функціональні (службові) властивості наплавленого шару за один прохід при мінімальній товщині шару в кілька сот мікронів;
- Високе значення адгезії наплавленого шару $\sigma_a > 300$ МПа з підложкою, тому що взаємодія наплавленого шару з підложкою металургійне;
- Можливість формування поверхневого шару з поліпшеними характеристиками: підвищеною зносостійкістю, ударною в'язкістю, корозійною стійкістю в порівнянні із класичними методами наплавлення;
- Можливість обробки деталей більших габаритів завдяки високій продуктивності наплавлення.

Режими лазерного наплавлення циліндричної деталі вал черв'ячний.

- Використовуємо CO₂ лазер, потужність 1КВт і більше.
- Для обробки пазу використовуємо коаксіальну схему лазерного наплавлення .
- Наплавлення сплаву ПГ-СР3. Твердість наплавленого шару HRC не більше 47. Товщина наплавленого шару 1 мм.
- Параметри подачі порошку постійні: подача порошку $G_{\text{п}} = 0,845$ г/с, довжина $L = 15$ мм, кут нахилу $\alpha = 90^\circ$.
- Параметри лазерної обробки постійні: потужність $P = 2,5$ КВт, ступінь роз фокусування $Df = 30$ мм, швидкість $V = 50$ мм/с.
- Крок при наплавленні 1.5 мм.

1.6 Визначення точності складання розрахунком розмірних ланцюгів

Для визначення методу складання і забезпечення точності необхідно проаналізувати вузол і побудувати розмірні ланцюги.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.6.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Для виконання службового призначення заданого вузла необхідно витримати точність осевого положення черв'яка і зубчатого вінця ексцентрика. Необхідну точність отримують застосуванням компенсатора. Розрахунок лінійного розмірного ланцюга будемо проводити методом компенсаторів.

Визначимо номінальний розмір замикаючої ланки за виразом:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{j=1}^m \vec{A}_j \quad (1.9)$$

де $\vec{A}_i$ - збільшуюча ланка;

$\vec{A}_j$ - зменшуюча ланка.

$$A_{\Sigma} = 925 - 22 - 26 - 2 - 45 - 10 - 305 - 10 - 58 - 58 - 10 - 335 - 10 - 3 - 5 - 22 = 4 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск замикаючої ланки за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{Ai} \quad (1.10)$$

де T_{Ai} - допуск складових ланок;

$$T_{\Sigma} = (2300 - 120 - 520 - 250 - 620 - 260 - 81 - 260 - 740 - 740 - 260 - 89 - 260 - 250 - 300 - 120) = -2570 \text{ мкм}$$

Визначаємо координату середини поля допуску:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta \vec{C}_i - \sum_{j=1}^m \Delta \vec{C}_j \quad (1.11)$$

де $\Delta \vec{C}_i$ - координата середини поля допуску збільшуючої ланки;

$\Delta \vec{C}_j$ - координата середини поля допуску зменшуючої ланки

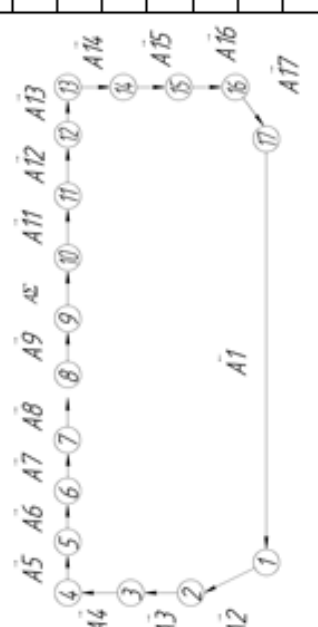
$$\Delta C_{\Sigma} = 0 - (-0,06) + (-0,0405) + (-0,0405) + (-0,06) = 0,201 \text{ мкм}$$

Визначимо граничні відхилення, es - верхнє, ei - нижнє, за виразами:

$$\left. \begin{aligned} ei_{\Sigma} &= \Delta C_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2} \\ es_{\Sigma} &= \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1.12)$$

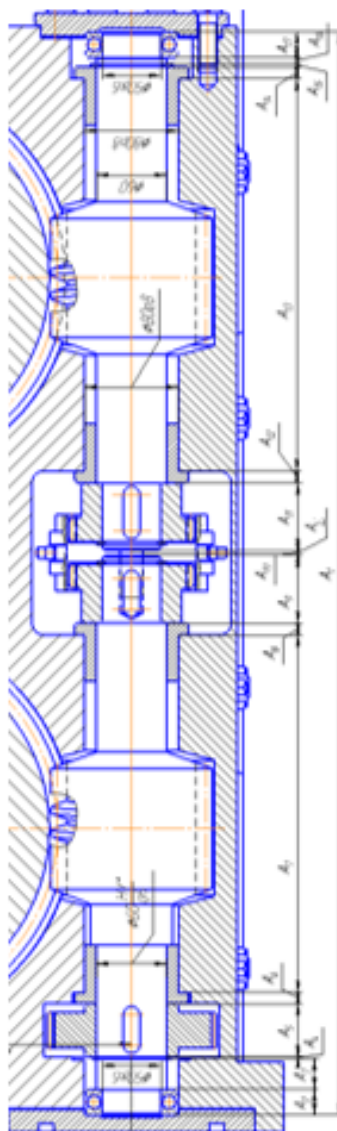
$$\left. \begin{aligned} ei_{\Sigma} &= 201 - 2570 / 2 = -1084 \\ es_{\Sigma} &= 201 + 2570 / 2 = 1486 \end{aligned} \right\} \text{ мкм}$$

					КНУ.КМР.131.25.2-01.01.ПТПРСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.7- Розрахунок лінійного розмірного ланцюга А методом компенсаторів							
Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А – забезпечення точності осевого положення елементів черв'ячної передачі	Значення вихідної ланки - компенсатора		Вихідні дані			
		Познач. Ланки	Номинальний розмір	Квалітет IT	Допуск Т	Розмір з відхиленням	ΔC _i
Схема розмірного ланцюга		$\vec{A_1}$	925	14	2,3	925±1,15	0
		$\overleftarrow{A_2}$	22	6	0,013	22±0,12	-0,06
		$\overleftarrow{A_3}$	26	14	0,52	26±0,26	0
		$\overleftarrow{A_4}$	2	14	0,25	2±0,125	0
		$\overleftarrow{A_5}$	45	14	0,62	45±0,31	0
		$\overleftarrow{A_6}$	10	14	0,26	10±0,18	0
		$\overleftarrow{A_7}$	305	8	0,081	305±0,081	-0,0405
		$\overleftarrow{A_8}$	10	14	0,26	10±0,18	0
		$\overleftarrow{A_9}$	58	14	0,74	58±0,37	0
		$\overleftarrow{A_{10}}$	58	14	0,74	58±0,37	0
		$\overleftarrow{A_{11}}$	10	14	0,26	10±0,18	0
		$\overleftarrow{A_{12}}$	335	8	0,089	335±0,089	-0,0445
		$\overleftarrow{A_{13}}$	10	14	0,26	10±0,18	0
		$\overleftarrow{A_{14}}$	3	14	0,25	3±0,125	0
		$\overleftarrow{A_{15}}$	5	14	0,30	5±0,15	0
		$\overleftarrow{A_{16}}$	22	6	0,013	22±0,12	-0,06
		$\overleftarrow{A_{17}}$					

Таблиця 1.12- Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

Лан- ка	Найменування ланок розмірного ланцюга
$\overrightarrow{A_1}$	Відстань від лівої до правої кришки
$\overleftarrow{A_2}$	Ширина підшипника
$\overleftarrow{A_3}$	Відстань від підшипника до кільця
$\overleftarrow{A_4}$	Ширина кільця
$\overleftarrow{A_5}$	Ширина зубчатого колеса
$\overleftarrow{A_6}$	Ширина ступені втулки
$\overleftarrow{A_7}$	Відстань від між втулками
$\overleftarrow{A_8}$	Ширина ступені втулки
$\overleftarrow{A_9}$	Відстань від втулки до компенсатора
A_{Σ}	Ланка - компенсатор
$\overleftarrow{A_{11}}$	Відстань від компенсатора до втулки
$\overleftarrow{A_{12}}$	Ширина ступені втулки
$\overleftarrow{A_{13}}$	Відстань від між втулками
$\overleftarrow{A_{14}}$	Ширина ступені втулки
$\overleftarrow{A_{15}}$	Ширина кільця
$\overleftarrow{A_{16}}$	Відстань від кільця до підшипника
$\overleftarrow{A_{17}}$	Ширина підшипника



Таблиця 1.13- Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

1.6.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Виявлення і розрахунок розмірних ланцюгів ведеться з метою визначення відносного перекосу або відносного зсуву вісей деталей. Для компенсації перекосу двох черв'ячних валів в даному вузлі застосовується зубчата муфта, яка слугує для компенсації радіального, осьового та кутового зміщення. Розрахуємо по методу максимум-мінімуму величини перекосу валів та порівняємо з можливою компенсацією муфти.

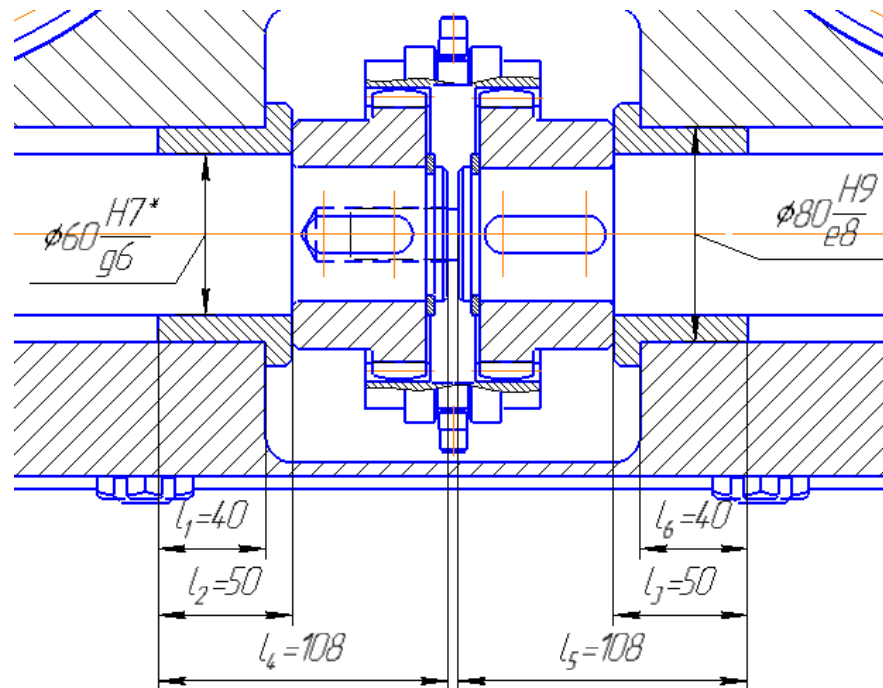


Рисунок 1.19– Схема розрахунку перекосу в кутових розмірних ланцюгах

Розрахуємо величини перекосу в лінійних величинах пояснюється рисунком 1.19.

$$P_{\Sigma} = \frac{l_1}{l_2} \cdot S_1 + \frac{l_4}{l_2} \cdot S_2 + \frac{l_5}{l_3} \cdot S_3 + \frac{l_6}{l_3} \cdot S_4 \quad (1.13)$$

$$P_{\Sigma} = \frac{40}{50} \cdot 0.18 + \frac{108}{50} \cdot 0.059 + \frac{108}{50} \cdot 0.059 + \frac{40}{50} \cdot 0.18 = 0,54288 \text{ мм}$$

Отже величини перекосу $P_{\Sigma} = 0,54288 \text{ мм}$, що входить в допустимі межі компенсації $P_{\Sigma} = 0 \dots 2 \text{ мм}$ за допомогою зубчатої муфти.

1.6.3 Розробка схеми складання

Схема складального з'єднання, яка показує порядок комплектації окремих деталей представлена на рисунку 1.20 для даного вузла.

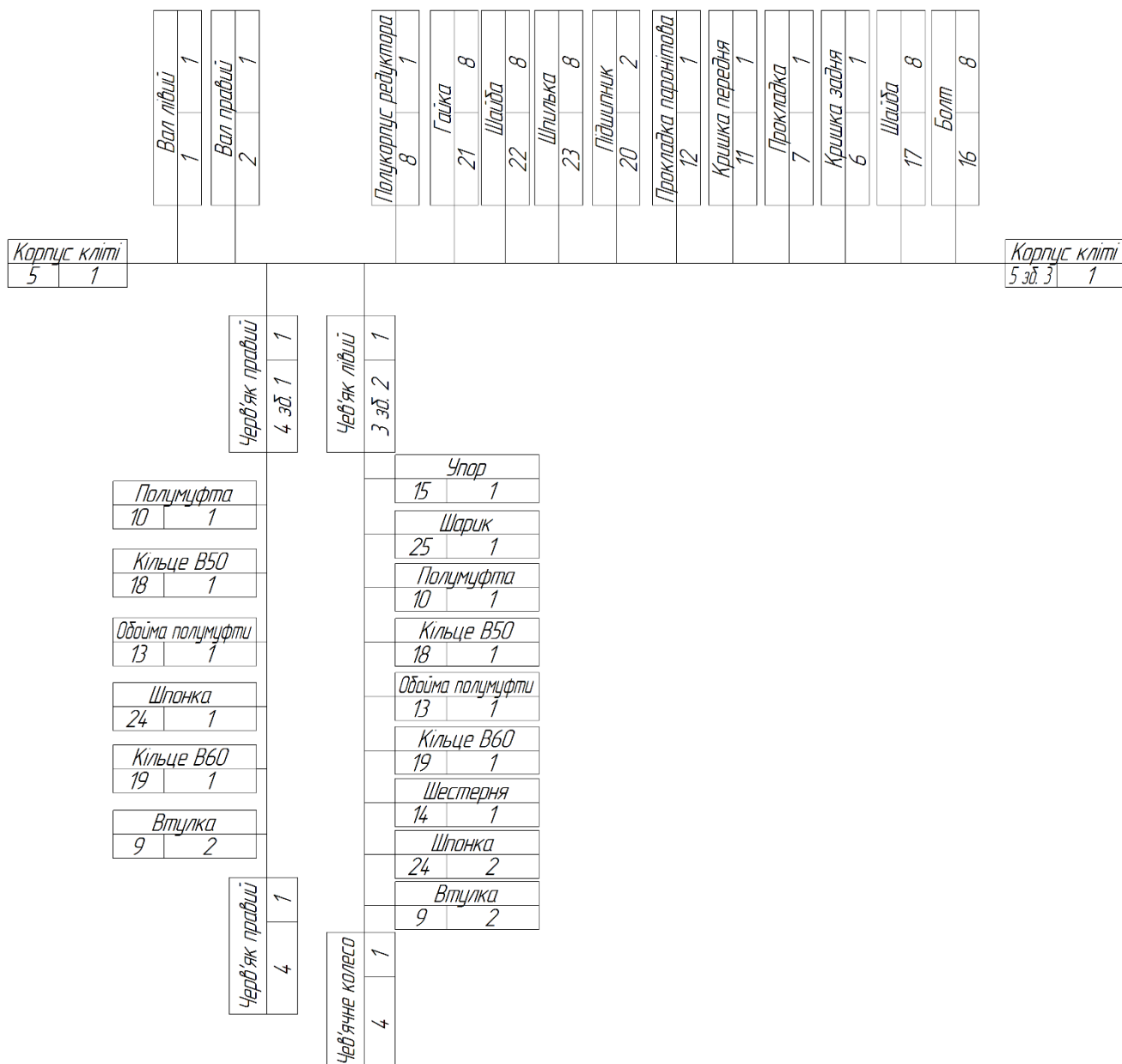


Рисунок 1.20 - Схема складального з'єднання

Складаємо карту нормування процесу складання вузла і приводимо її в таблиці 1.4. Норми часу вибираємо з [3].

Таблиця 1.14 – Технологічна карта складання

№	Зміст основних та допоміжних переходів	Час, год.
1	2	3
1	Встановити вал лівий	0,65
2	Встановити вал правий	0,65
2	Встановити втулку	0,14
3	Встановити кільце	0,036
4	Запресувати шпонку	0,12
5	Встановити обойму напівмуфти	0,15
6	Встановити кільце	0,033
7	Встановити напівмуфту	0,11
8	Встановити черв'ячний вал в зборі	0,65
9	Встановити втулку	0,14
10	Запресувати 2 шпонки	0,24
11	Встановити шестерню	0,14
12	Встановити кільце	0,036
13	Встановити обойму напівмуфти	0,15
14	Встановити кільце	0,033
15	Встановити напівмуфту	0,11
16	Встановити шарик	0,01
17	Встановити упор	0,036
18	Встановити черв'ячний вал в зборі	0,65
19	З'єднати зубчасту муфту	0,054
20	Встановити напівкорпус редуктора	0,12
21	Загвинтити 8 шпильок разом з гайками та шайбами	0,192
22	Встановити 2 підшипники	0,22
23	Встановити прокладки	0,036
24	Встановити кришку задню	0,048
25	Загвинтити 8 гвинтів разом з шайбами	0,192
26	Встановити кришку передню	0,048
27	Загвинтити 8 гвинтів разом з шайбами	0,192
	Всього	5,176

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Таблиця 2.1 - Хімічний склад матеріалу деталі та його замін

Склад	Si, %	C,%	Mn, %	Cu, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %
35Л	0,2- 0,52	0,32- 0,4	0,4- 0,9	до 0,3	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3
30Л	0,2- 0,52	0,27- 0,35	0,4- 0,9	до 0,3	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3
40Л	0,2- 0,52	0,37- 0,45	0,4- 0,9	до 0,3	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3

Властивості	σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²	Твердість НВ
35Л	280	500	15	25	35	163-196
30Л	260	480	17	30	35	145-187
40Л	300	530	14	25	29	175-210

Термічна обробка - нормалізація 860-880 °С, повітря до 300-350 °С, потім витримка 2 ч при 300-350 °С.

					КНУ.КМР.131.25.2-01..02 ТЕА				
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					
Розроб.	Літаш				ТЕХНІКО_ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЄКТУ	Літ.	Арк.	Аркшів	
Перевір.	Шивінда								
Реценз.							1 1	19	
Н.	Нечипев					Кафедра ТМ група ПМ-24м			
Затверд.	Рязанцев								

2.2. Аналіз якості поверхонь деталі

Проводимо нумерацію поверхонь на кресленні деталі (рис.2.1).

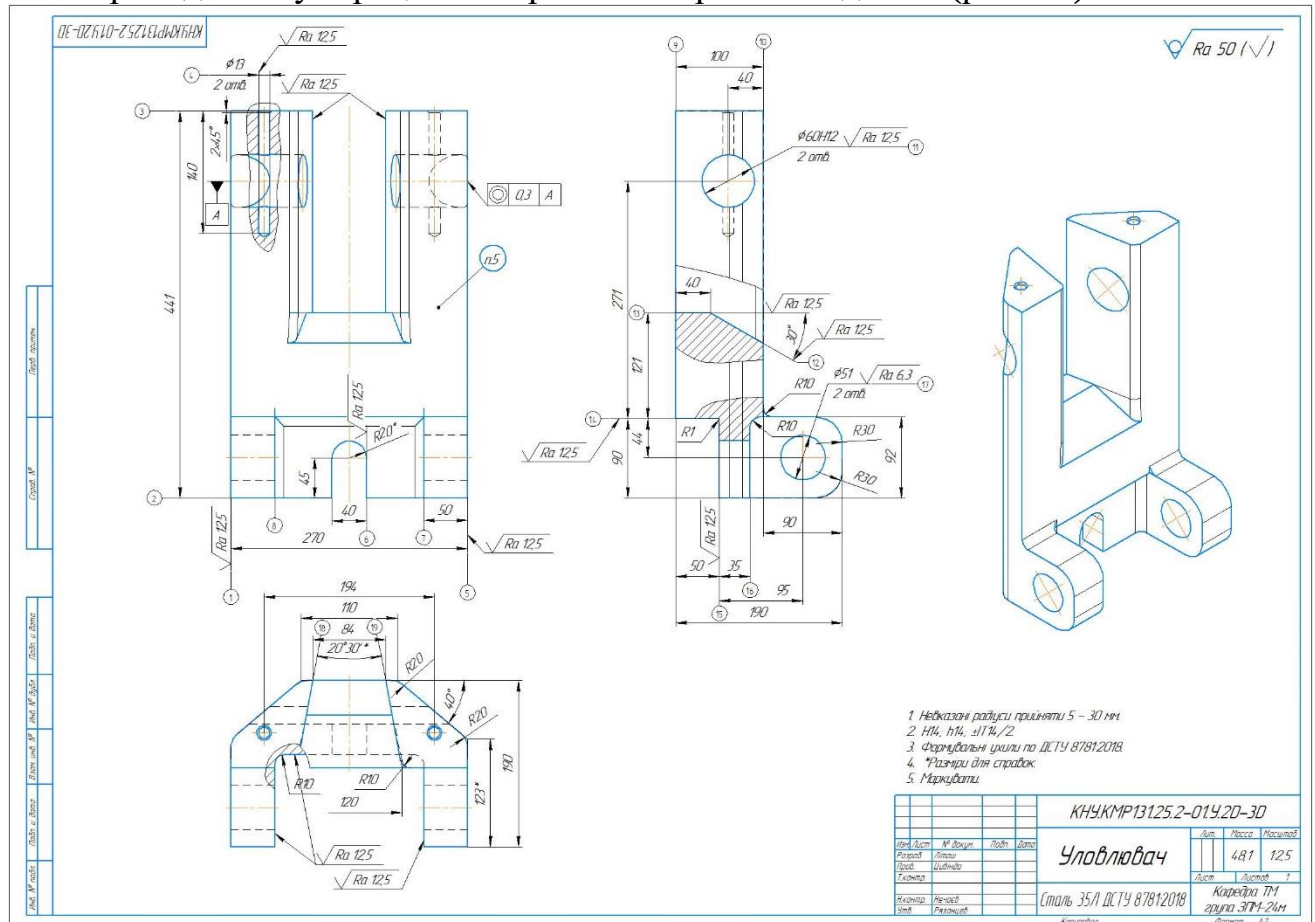


Рисунок 2.1 – Креслення деталі з розставленими номерами поверхонь

- основні поверхні – 17;
- допоміжні поверхні – 11
- вільні поверхні – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19.

У таблиці 2.3 приведені характеристики поверхонь.

Таблиця 2.3- Аналіз якості поверхонь

№ з/п пов.	Номиналь- ний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру мм	Шорсткість, Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	270	14	1,3	12,5	-
2	441	14	1,55	50	-
3	441	14	1,55	12,5	-
4	Ø13 2 отв.	14	0,43	12,5	-

					<i>KHY.KMP.131.25.2-01.02.TEA</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

1	2	3	4	5	6
5	270	14	1,3	12,5	-
6	40	14	0,62	12,5	-
7	50	14	0,62	12,5	-
8	50	14	0,62	12,5	-
9	100	14	0,87	12,5	-
10	100	14	0,87	12,5	-
11	Ø60 2 отв.	12	0,3	12,5	-
12	30°	14	-	12,5	-
13	121	14	1,0	12,5	-
14	90	14	0,87	12,5	-
15	50	14	0,62	12,5	-
16	35	14	0,62	12,5	-
17	Ø51 2 отв.	14	0,74	6,3	-
18	20°30'	14	-	12,5	-
19	20°30'	14	-	12,5	-

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні представлений головний вид «Уловлювач». Також на кресленні присутні види зліва, зверху з місцевими розрізами.

На деталі проставлені всі необхідні розміри. Розміри основних та допоміжних поверхонь мають квалітети, проставлена шорсткість поверхонь.

Лінійні розміри проставлені ланцюговим та координатним методами і утворюють замкнені розмірні ланцюги. Не всі номінальні розміри відповідають нормальному ряду, а саме 44, 84, 92; 123; 121; 271; 441 але замінити їх на розміри з нормального ряду ми не можемо, так як це приведе до зниження якості продукції або до часткового невиконання деталлю свого службового призначення.

База деталі не чітко виражена тому можливо прийняти паз 90x50 так більшість розмір проставлені від нього.

Інші поверхні є вільними і виконуються з точністю IT 14 і шорсткістю Ra 12,5 мкм, що відповідає стандартним вимогам.

Технічні вимоги не містять необхідну твердість, вказано місце маркування, та не вказані радіуси лиття та ухили..

Основний напис містить всю необхідну інформацію, а саме матеріал деталі сталь 35Л ДСТУ8781: 2018, маса 48,1 кг, масштаб 1:2,5. Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД ДСТУ.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

					КНУ.КМР.131.25.2-01.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Деталь «Уловлювач» відноситься до 740000 класу, 741000 підкласу, 741100 групи, 740110 підгрупи, 740118 виду.

Розміри та вага деталі – великі (48,1 кг); при транспортуванні треба використовувати транспортне обладнання.

Заготовкою для одержання даної деталі може вилівка або гаряче об'ємне штампування.

Деталь має розвинуті поверхні для установки та закріплення, що представлені торцевими поверхнями.

Профіль деталі дозволяє вільне підведення та відведення ріжучого та вимірювального інструмента.

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 12, 14 квалітетами. Присутні поверхні деталі з шорсткістю Ra6,3 та Ra12,5. Необхідна точність та шорсткість, досяжна при використанні верстатів та оснащення нормальної точності.

Можна зробити висновок, що в цілому деталь технологічна, всі поверхні мають вільний підвід та відвід ріжучого інструменту, але необхідно використовувати підйомно-транспортне обладнання.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{B.M.} = \frac{Q_D}{Q_3}, \quad (2.1)$$

де Q_D - маса деталі;

Q_3 - маса заготовки.

$$K_{B.M.} = \frac{48,1}{63} = 0,76$$

Середня шорсткість

$$Ra_{CP} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N}, \quad (2.2)$$

де Ra - шорсткість оброблюваної поверхні,

n - кількість поверхонь

$$Ra_{CP} = \frac{12,5 \cdot 17 + 6,3 \cdot 1 + 50 \cdot 1}{19} = 14,14$$

Отже, вимоги до шорсткості деталі не високі.

Середня точність

$$IT_{CP} = \frac{\sum IT \cdot n}{N}, \quad (2.3)$$

де IT - допуск на розмір;

n - кількість поверхонь.

$$IT_{CP} = \frac{14 \cdot 18 + 12 \cdot 1}{19} \approx 14$$

Отже, вимоги до точності не високі.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Можна зробити висновок, що деталь в цілому має достатньо низькі вимоги до точності та шорсткості.

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

Кількість верстатів, на яких виконуються операції механічної обробки –
Річна програма випуску деталі – 1000 шт.

Виробництво, припустимо, середньосерійне.

Штучно-калькуляційний час на виконання операцій окремих верстатів складає відповідно 21,835 хв. Місячна програма випуску 90 шт.

Коефіцієнт закріплення операцій для всіх різновидів (підтипів) серійного виробництва :

$$K_{з.о} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}, \quad (2.4)$$

де $\sum \Pi_{oi}$ - сумарне число різних операцій за місяць по ділянці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_i$ - явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну зміну.

Умовне число однотипних операцій, виконуваних на одному верстаті на протязі одного місяця при роботі в одну зміну:

$$\Pi_{oi} = \frac{\eta_n}{\eta_z}, \quad (2.5)$$

де η_n - планований нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями, прийнятих для велико-, середньо- і малосерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9;

η_z - коефіцієнт завантаження верстата проєктований (заданою) операцією, $\eta_n = 0,8$.

Залежність для визначення числа однотипних операцій, виконуваних на одному верстаті протягом місяця:

$$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_n}{T_{ш.к} N_m}, \quad (2.6)$$

$$\Pi_o = \frac{13182 \cdot 0,8}{21,835 \cdot 90} = 5,32$$

Кількість операцій, виконуваних протягом місяця на ділянці (з розрахунку на одну зміну), визначається підсумовуванням числа операцій, виконуваних на кожному верстаті :

$$\sum \Pi_{oi} = \Pi_{o1} + \Pi_{o2} + \dots + \Pi_{on}, \quad (2.7)$$

$$\sum \Pi_{oi} = 5,32$$

Необхідне число робітників для обслуговування протягом однієї зміни одного верстата, завантаженого по плановому нормативному коефіцієнту,

					КНУ.КМР.131.25.2-01.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_H, \quad (2.8)$$

$$P_i = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77,$$

Явочне число робітників ділянки (при роботі в одну зміну) визначаємо підсумовування значень P_i , розрахованих для кожного верстата [19]:

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (2.9)$$

$$\sum P_i = 0,77 + 0,77 + 0,77 = 2,31.$$

Коефіцієнт закріплення операцій для всіх різновидів (підтипів) серійного виробництва:

$$K_{3.0} = \frac{5,32}{2,31} = 2,3$$

На сучасних підприємствах виготовлення основних деталей проводять поточним методом, при якому верстатне обладнання розташовують в послідовності виконання операцій ТП зі спеціалізацією робочих місць.

Висновок. виробництво крупносерійне, метод роботи переміно-поточний. Перемінно-поточні – для технологічно-конструкторських однотипних деталей, які обробляють поперемінно.

2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу

Деталь «Уловлювач» виготовляється в умовах серійного типу виробництва.

Таблиця 2.4 – Базовий маршрут обробки

№	Найменування операції	Тип та модель верстата
1	2	3
005	Розміточна	-
010	Розточна	Горизонтально - розточний верстат A2620Ф2
015	Контрольна	-

Замість технологічного обладнання, яке було вказане в заводському маршруті обробки деталі, застосовуємо лише 1 верстат, а саме універсальний фрезерний верстат з ЧПК DMU 50, що виключає розміточну операцію та забезпечує точність і якість обробки, принцип постійності баз та підвищує продуктивність обробки.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування заготовки та проектування заготовки

3.1.1 Вибір заготовки

Для обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Прокат	-	+	-	-	1
Штампуння	+	+	-	+	3
Лиття	+	+	+	+	4

Можна зробити висновок, що найбільш оптимальним способом отримання заготовки є лиття. Головна перевага лиття в можливості отримання необхідної геометричної форми заготовки, порівняно з іншими методами отримання заготовок, зважаючи на матеріал.

3.1.2 Проектування заготовки

Матеріал відливки – Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018. Лиття в кокіль, виробництво – автоматизоване серійне.

Аналізуючи креслення, приходимо до висновку, що конструкція деталі, проста, її можна вважати технологічною, за винятком деяких конструктивних елементів, які неможливо, або важко отримати литтям в кокіль.

Конструкція деталі має всі оброблювані поверхні за винятком нижнього торця та двох вух.

Пази не технологічні, їх краще виконати на фрезерній операції, тому ми їх не будемо відливати, а переведемо в напуск. Деталь має глухий отвір довжиною 140 мм, та діаметром 13 мм, його простіше отримати свердлінням, інші отвори є наскрізними, їх краще отримати свердлінням, тому відливати отвори не будемо.

Наносимо контур відливки, умовно показуючи припуски.

					КНУ.КМР.131.25.2-01..03 .ПТПОД		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Літаш				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	Літ.	Арк.
Перевір.	Пивінда						
Реценз.						1 1	19
Н.	Нечипор					Кафедра ТМ група ПМ-24м	
Затверд.	Рязанцев						

За додатком 1 у ДСТУ 8781:2018 обираємо класи точності розмірів, мас і ряду припусків. Лиття сталі в кокіль, найбільший габаритний розмір відливки – до 630 мм. Отже, класи точності розмірів, мас і ряду припусків $\frac{6-11}{2-4}$.

Зважаючи на те, що в нашому випадку проста відливка в умовах автоматизованого серійного виробництва, обираємо більш точні значення класів точності ряду припусків. Обираємо 6 клас точності розмірів і мас і 2 ряд припусків.

Таблиця 3.2 – Дані для проектування виливки

№ з/п.	Номинальний розмір деталі	Хар-ка поверхні		Допуск, мм	Граничні відхилення, мм	Основний припуск, мм	Дод. припуск, мм	Розмір заготовки, мм
		Квалітет	Шорсткість, Ra					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	441	IT 14/2	12,5	0,9	±0,45	1,4+0	-	442,4±0,45
2	270	IT 14/2	12,5	0,8	±0,4	1,3+1,3	-	272,6±0,4
3	50	IT 14/2	12,5	0,5	±0,25	1,1+1,3	-	52,4±0,25
4	84	IT 14/2	12,5	0,56	±0,30 5	-1,3-1,3	-	81,4±0,305
5	120	IT 14/2	12,5	0,61	±0,30 5	-1,3-1,3	-	117,4±0,305

Продовження таблиці 3.1

					КНУ.КМР.131.25.2-01.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	100	IT 14/2	12,5	0,56	$\pm 0,28$	1,2+1,2	-	$102,4 \pm 0,28$
7	211	IT 14/2	12,5	0,7	$\pm 0,35$	+1,3+0	-	$212,3 \pm 0,35$
8	190	IT 14/2	12,5	0,7	$\pm 0,35$	+1,3+0	-	$191,3 \pm 0,35$
10	123	IT 14/2	12,5	0,61	$\pm 0,305$	+1,3+0	-	$124,3 \pm 0,305$
11	110	IT 14/2	12,5	0,61	$\pm 0,305$	+1,3+1,3	-	$112,6 \pm 0,305$
12	40	IT 14/2	12,5	0,5	$\pm 0,25$	+1,2+0	-	$41,2 \pm 0,25$

Граничне відхилення зміщення - $\Delta_{зм} = \pm 0,4$ мм (за таблицею ДСТУ 8781:2018). Граничні відхилення короблення обираємо за 6 ступінь короблення - $B_{нок} = \pm 0,6$ мм (за таблицею 3 ДСТУ 8781:2018). Верхнє відхилення маси відливки призначаємо за класом 6 точності відливки - $B_{ном} = 1\%$ (за таблицею 4 ДСТУ 8781:2018).

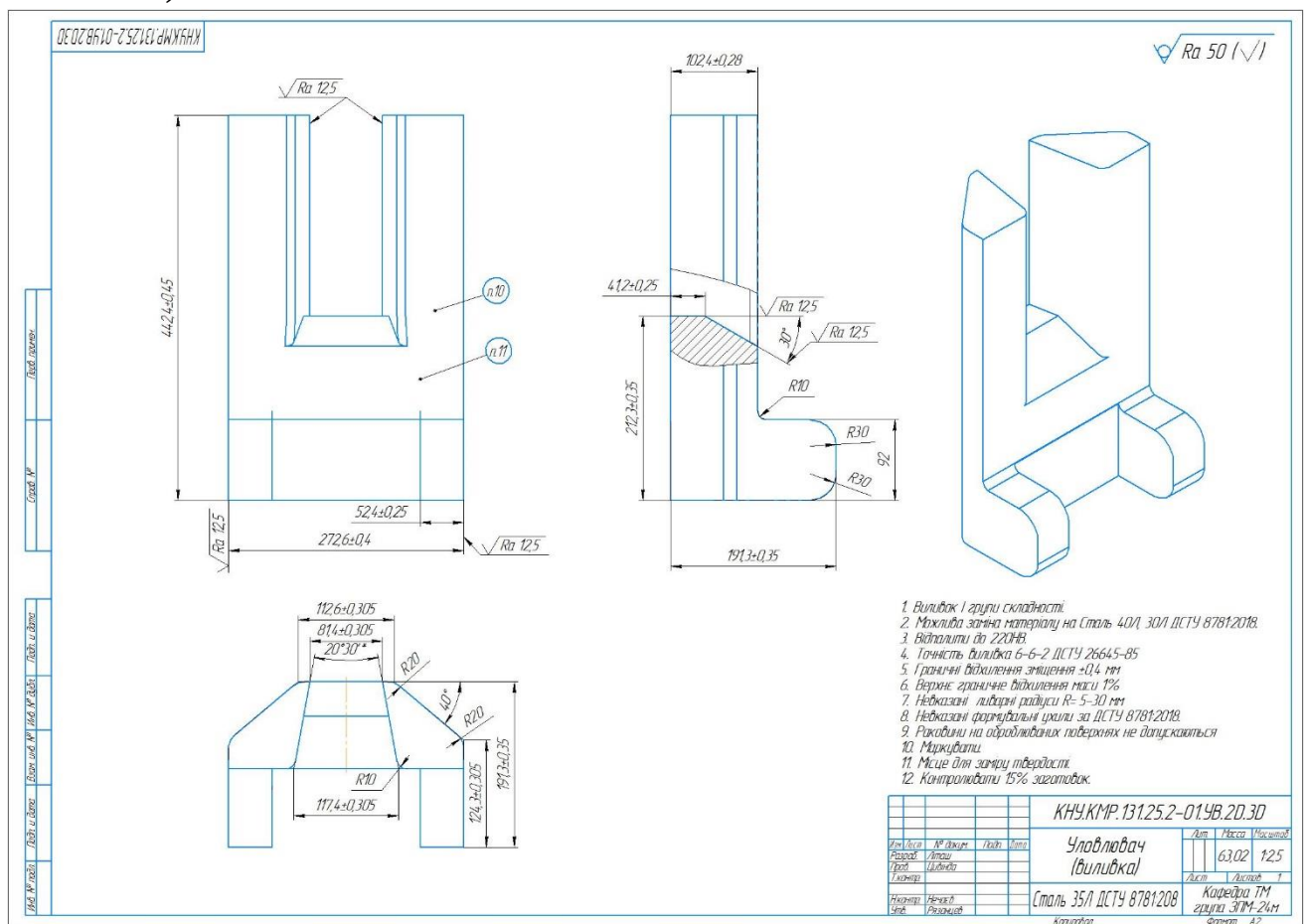


Рисунок 3.1 – Креслення заготовки

					КНУ.КМР.131.25.2-01.03ПТОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.2 Вибір і обґрунтування баз

Конструкторськими базами для даної деталі є отвір Ø51H14 та паз 90x50. Технологічними базами будуть торці (1, 2, 3, 5).

Для забезпечення найбільшої точності обробки необхідно виконати два основних технологічних закони:

- закон суміщення баз. Поверхні, які слугують конструкторськими базами, повинні обиратись у якості технологічних і вимірювальних баз;
- закон єдності баз. При обробці деталі необхідно використати не більше двох комплектів баз.

Комплект баз на фрезерній операції представлений на рисунку 3.2. Торець деталі – головна база, яка полишає тіло 3х ступенів вільності, 3 торця – опорні бази, яка полишає ще 1-го ступеня вільності кожна.

Закріплення заготовки на фрезерній операції відбувається в верстатних лещатах.

Отже закон суміщення та закон єдності баз виконується.

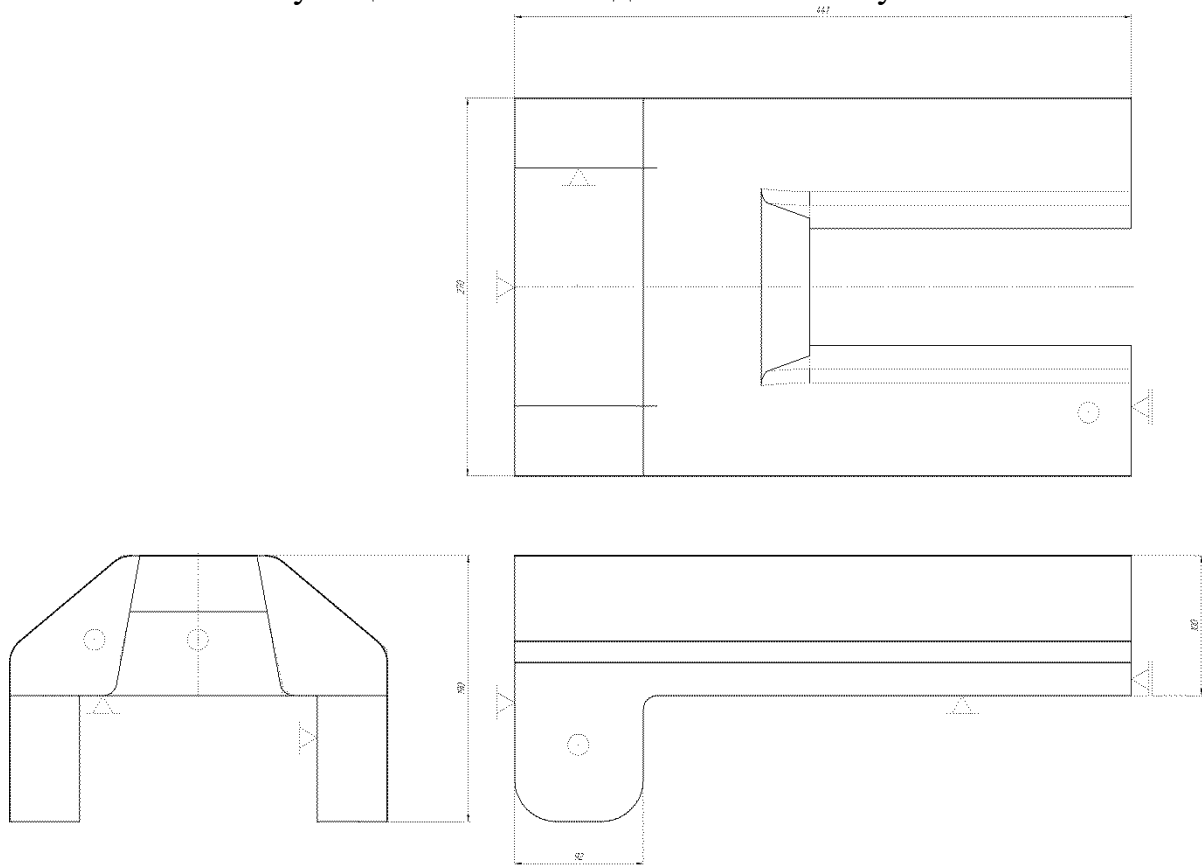


Рисунок 3.2 – Умовна схема базування на фрезерній операції, установ А

					<i>КНУ.КМР.131.25.2-01.03.ПТПОД</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

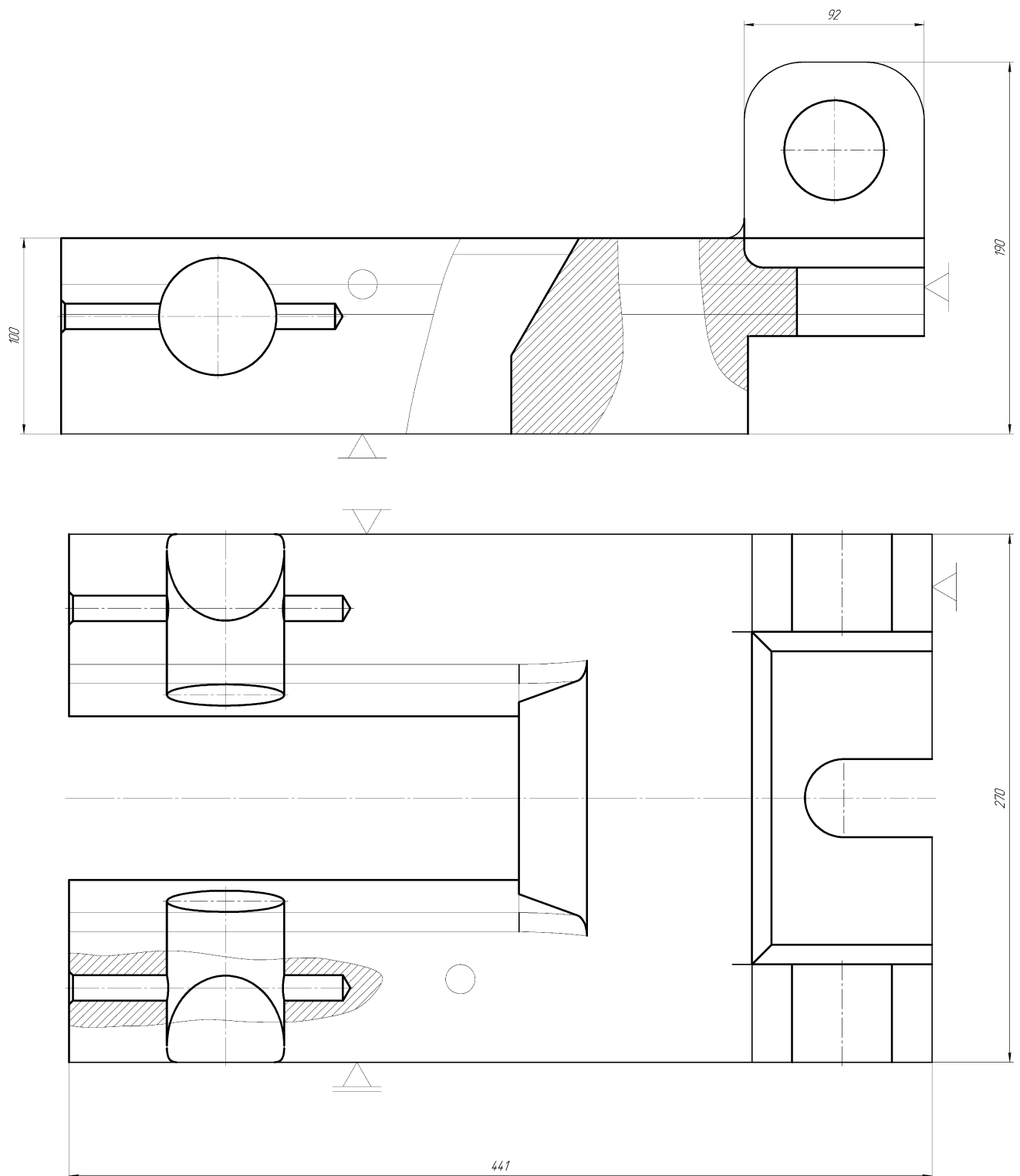


Рисунок 3.3 – Умовна схема базування на фрезерній операції, установ Б

Таким чином, для обробки деталі використовуємо 2 комплекти баз, як того і вимагає закон єдності баз.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.03Т.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1	2	3	4	5
1, 5 270	Заготовка	50	16	800
	Фрезерувати начорно	12,5	14	1300
3 441	Заготовка	50	16	900
	Фрезерувати начорно	12,5	14	1550
4 Ø13	Свердлити отвір	12,5	14	430
6 40 45	Фрезерувати паз	12,5	14	620
7, 8 50	Заготовка	50	16	500
	Фрезерувати торцеві поверхні	12,5	14	620
9, 10 100	Заготовка	50	16	560
	Фрезерувати торці	12,5	14	870
11 Ø60	Свердлити Ø60	12,5	12	300
12 30°	Заготовка	50	16	700
	Фрезерувати	12,5	-	-
13 121	Заготовка	50	16	700
	Фрезерувати	12,5	14	1000
14, 15 90x50	Фрезерувати уступ	12,5	14	870
16 35	Фрезерувати уступ	12,5	14	620

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
17 Ø51	Свердлити Ø51	12,5	14	300
18, 19 120 84	Заготовка	50	16	610
	Фрезерувати торцеві поверхні	12,5	14	870

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

Замість технологічного обладнання, яке було вказане в заводському маршруті обробки деталі, застосовуємо лише 1 верстат, а саме універсальний фрезерний верстат з ЧПК DMU 50 (рис. 3.4), що виключає розміточну операцію.



Рисунок 3.4 - Універсальний фрезерний верстат з ЧПК DMU 50

Характеристики даного верстата

Таблиця 3.4- Технічні характеристики універсального фрезерного верстата з ЧПК DMU 50

Параметри	Одиниці вимірювання	Розміри
1	2	3
Робоча зона хід по X/Y/Z	мм	500/450/400

1	2	3
Пришвидшений хід Пришвидшений хід(хуу) Зусилля подачі (хуу)	м/хв кН	24 4,8
Нерухомий стіл Робоча зона	мм	700*500
Вбудований поворотний стіл Робоча зона	мм	Ø630 * 500
Пристрій зміни інструменту Кількість місць в магазині		16
Маса верстату	кг	4480
Потужність	кВт	21

Новий маршрут обробки деталі «Уловлювач» наведено в таблиці 2.6

Таблиця 3.6 – Маршрут обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуємої поверхні	Тип та модель верстата
1	2	3	4	5
005	Фрезерна	1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13, 14,16,17,18,19	1,2,3,5, 9,10,	Універсальний фрезерний верстат з ЧПК DMU 50
010	Контрольна	-	-	-

3.5 Розробка технологічних операцій

Результат розробки технологічних операцій наведений в таблиці 3.7

Таблиця 3.7 - Послідовність технологічних операцій

№ операцій та переходів	1.Назва операції 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Верстатне устаткування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний) згідно ГОСТ
1	2	3	4
050	1. Фрезерна 2. Універсальний фрезерний верстат з ЧПК DMU 50 3. Встановити, закріпити, зняти.		

1	2	3	4
010	Контрольна		

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Результати розрахунку міжопераційних розмірів і припусків на обробку наведені в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 - Міжопераційні розміри і припуски на обробку

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, мм	Міжопераційний розмір з допуском мм
1	2	3	4	5	6	7
1, 5 270	Заготовка	50	16	800	1,3x2	272,6±0,4
	Фрезерувати начорно	12,5	14	1300	1,3x2	270±0,65
3 441	Заготовка	50	16	900	1,4	442,4±0,45
	Фрезерувати начорно	12,5	14	1550	1,4	441±0,775
4 Ø13	Свердлити отвір	12,5	14	430	140	13 ^{+0,43}
6 40 45	Фрезерувати паз	12,5	14	620	35	45±0,31
7, 8 50	Заготовка	50	16	500	1,1	52,4±0,25
	Фрезерувати торцеві поверхні	12,5	14	620	1,1	50±0,31
9, 10 100	Заготовка	50	16	560	1,2x2	102,4±0,28
	Фрезерувати торці	12,5	14	870	1,2x2	100±0,435
11 Ø60	Свердлити Ø60	12,5	12	300	82,3x 2	Ø60 ^{+0,3}
12 30°	Заготовка	50	16	700		
	Фрезерувати	12,5	-	-	1,2	-
13 121	Заготовка	50	16	700	1,3	212,3±0,35
	Фрезерувати	12,5	14	1000	1,3	211±0,575
14, 15 90x50	Фрезерувати уступ	12,5	14	870	50	90±0,435 50±0,31
16 35	Фрезерувати уступ	12,5	14	620	15	35±0,31

					КНУ.КМР.131.25.2-01.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

17 Ø51	Свердли́ти Ø51	12,5	14	300	50	Ø51 ^{+0,74}
18, 19 120 84	Загото́вка	50	16	610	1,3x2	81,4±0,305 117,4±0,305
	Фрезерува́ти торцеві поверхні	12,5	14	870	1,3x2	84±0,435 120±0,435

Операційні ескізи зі змістом переходів представлені в рис. 3.6.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

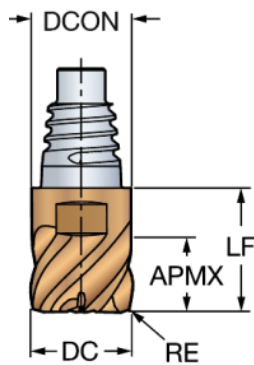
№ операції	Ескіз	Варіантне пристосування. Інструмент	Режими різання							Норми часу	
			D_B мм	L мм	t мм	S мм/зв	V м/хв	n об/хв	i шт	$T_{оп}$ хв	$T_{штк}$ хв
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів фрезерна з ЧПК Верстат фрезерний мод. DMU 50 1. Встановити 2. Закріпити 3. Фрезерувати поверхні 1, 2, 3 почавши по кривій програми Ескіз Установ А Установ Б											
4. Підготувати і закріпити 5. Фрезерувати поверхні 1-14 начавши по кривій програми 7. Фрезерувати поверхню 4 8. Фрезерувати поверхню 5 9. Фрезерувати поверхні 6, 7 10. Фрезерувати поверхню 8 11. Фрезерувати поверхню 9 12. Фрезерувати поверхню 10 13. Фрезерувати поверхні 11, 12 14. Фрезерувати поверхні 13, 14 15. Сферидити отвори 15, 16, 17 по кривій програми 17. Сферидити отвори 15 18. Сферидити отвори 16 19. Сферидити отвори 17 Інструмент Фреза кінцева A316-25H150-10063, 1030 Sanyuk Coramant Фреза кінцева 1P34,0-1800-XB 16,40 Sanyuk Coramant Фреза кінцева 2P34,0-2000-PA 16,30 Sanyuk Coramant Інструмент Сферидро 8811-1301-1641-5H 1034 Sanyuk Coramant Сферидро з змінною пластичною 8801-05-1000-40-02 Sanyuk Coramant Ріжуча пластинка перерізна 8801-06-05 W24-C-5R 4024 Sanyuk Coramant Ріжуча пластинка центральна 8801-08-05 W24-C-5R 1044 Sanyuk Coramant											
93 100 14 0,17 218 3360 1 0,168 270 34,9 12 0,3 138 2780 1 0,477 92 90 11 0,187 204 320 1 0,134 90 230 7,14 0,16 207 2600 7 3,456 92 170 7,5 0,102 130 2390 2 1,366 40 65 8,75 0,111 176 2800 4 1,06 93 230 13 0,175 203 3170 1 0,354 120 110 12 0,178 207 3180 1 0,108 S мм/об 13 140 140 0,248 84,2 2060 1 0,334 60 83 83 0,106 270 1110 1 1,302 51 50 50 0,116 177 1000 1 0,527 Загальний час 14,46 21835											

Рисунок 3.6 – Операційні ескізи зі змістом переходів

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Вибір різального інструмента та вибір режимів різання для кожного інструменту

Для обробки поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14 обираємо кінцеву фрезу A316-25FMC50-10063L 1030 Sandvik Coromant



Адаптивный интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	
Код размера соединения (CZC)	
Диаметр резания (DC)	
Глубина резания максимальная (APMX)	
Число эффективных реж. кромок периферии (ZEFP)	
Радиус вершины (RE)	
Диаметр шейки (DN)	
Функциональная длина (LF)	
Полезная длина (LU)	
Паз, угол наклона винтовой линии (FHA)	
Код типа отвода СОЖ (CXSC)	
Основная стандартная группа (BSG)	
Угол режущей кромки инструмента (KAPR)	
Класс допуска диаметра резания (TCDC)	
Полная длина (OAL)	
Диаметр резания, контакт с поверхностью (DCF)	
Паз, направление винтовой линии (FHH)	
Главный передний угол аксиальный (GAMP)	
Направление (HAND)	
Максимальное число переточек (NORGMX)	
Наименование класса инструментального изделия (PRODClassNAME)	

ETOP threaded coupling -inch: E25	E25
	25,4 mm
	14 mm
	12
	6,35 mm
	24,2 mm
	25,6 mm
	25,6 mm
	50 °
без выхода СОЖ	
COROMANT	
	90 °
	h10
	49,6 mm
	12,7 mm
правосторонняя канавка	
	13,5 °
Правый	
	4
Solid shoulder face mill	

Рисунок 4.1 – Кінцева фреза A316-25FMC50-10063L 1030 та її геометричні параметри

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Літаш				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ		
Перевір.	Пивінда						
Реценз.							
Н.	Нечипер						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк.шів
						1 1	19
					Кафедра ТМ група ПМ-24м		

Для обробки поверхні 9 обираємо кінцеву фрезу 1P340-1800-XB 1640 Sandvik Coromant

Product information		
Description		
CoroMill® Plura solid carbide square shoulder end mill		
Ordering code		
ISO	1P340-1800-XB 1640	
ANSI	1P340-1800-XB 1640	
EDP		
Bar code	26259866	
ADINTMS	adaptive interface machine direction	Weldon (DIN1835-B / DIN6535-HB) -metric: 18
CZC	connection size code	18
DC	cutting diameter	18 mm
APMX	depth of cut maximum	32 mm
KCH	corner chamfer	35 deg
CHW	corner chamfer width	0,5 mm
DCON	connection diameter	18 mm
ZEFP	peripheral effective cutting edge count	4
LF	functional length	92 mm
LU	usable length	32 mm
CXSC	coolant exit style code	0: no coolant exit
FHA	flute helix angle	37 deg
BSG	basic standard group	DIN 6527 L
TSYC	tool style code	1P340-XB
CNSC	coolant entry style code	0: without coolant
GRADE	grade	1640
HAND	hand	R
WT	weight of item	0,293 kg
FEEDDIRCODE	feed direction code	SFW (EFW)
COATING	coating	PVD
AEAPX	max engagement	1,5 NULL
AERMX	working engagement ratio maximum	1
BMC	body material code	2
CCC	center cutting capability	1
CDF	core diameter at face	10,8 mm
CLT	cutting length type	4
CPDF	cutting pitch differential	0
DCF	cutting diameter face contact	17 mm
FHH	flute helix hand	R
GAMF	radial rake angle	10 deg
GAMP	axial rake angle	13,5 deg
IEP	interrupted edge property	1
ITEMTYPE	item type	Solid Cutting Tool
NORGMX	maximum regrinds	4
OAL	overall length	92 mm
OHX	maximum overhang	46 mm
RELEASEPACK	release pack id	12,2
RMPX	maximum ramping angle	15 deg
RPMX	rotational speed maximum	18700 r/min
ULDR	usable length diameter ratio	1,77778

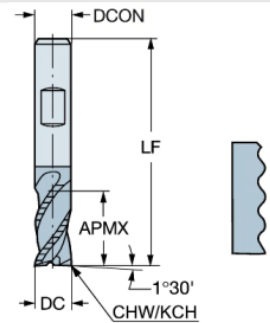


Рисунок 4.2 – Кінцева фреза 1P340-1800-XB 1640 та її геометричні параметри

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для обробки поверхні 10 обираємо кінцеву фрезу 2P340-2000-PA 1630 Sandvik Coromant

Код заказа

ISO 2P340-2000-PA 1630

ANSI 2P340-2000-PA 1630

ID материала 6260098

Штрих-код 26260098

Цена по прайс-листу

Описание продукта

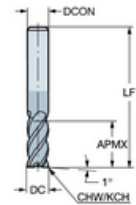
Твердосплавная концевая фреза CoroMill® Plura для обработки прямоугольных уступов

Загрузить:

CAD-чертеж (.dxf)

Трехмерная модель (.stp)

ADINTMS	интерфейс со стороны станка	Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) - metric: 20	Купить
CZC	размер соединения	20	
DC	диаметр резания	20 mm	
APMX	тах глубина резания	38 mm	
KCH	фаска при вершине	45 deg	
CHW	ширина угловой фаски	0.2 mm	
DCON	диаметр соединения	20 mm	
ZEFP	число эффективных периферийных реж. кромок	4	
LF	функциональная длина	104 mm	
LU	рабочая длина	38 mm	
CXSC	тип отвода СОЖ	0: no coolant exit	
FHA	угол подъема стружечной канавки	37 deg	



Активация
Изображения

Рисунок 4.3 – Кінцева фреза 2P340-2000-PA 1630 та її геометричні параметри

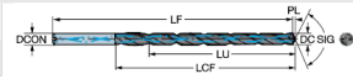
Для обробки отворів 15 обираємо цільне свердло 861.1-1300-156A1-GM GC34 Sandvik Coromant

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Product information

Description

CoroDrill® 861 solid carbide drill



Ordering code

ISO 861.1-1300-156A1-GM GC34

ANSI 861.1-1300-156A1-GM GC34

EDP

Bar code 26151147

ADINTMS adaptive interface machine direction

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) -metric: 14

CZC connection size code

14

DC cutting diameter

13 mm

LU usable length

158,4 mm

OAL overall length

258 mm

LCF chip flute length

207 mm

PL point length

2,36581 mm

SIG point angle

140 deg

LSC clamping length

45 mm

BSG basic standard group

COROMANT

TCHA achievable hole tolerance

H9

CNSC coolant entry style code

1: axial concentric entry

TSYC tool style code

861.1..A1-GM (12xD)

GRADE grade

GC34

ZEFF face effective cutt edge count

2

LF functional length

255,63 mm

BD1 body diameter

13 mm

LB1 body length

213 mm

HAND hand

R

GAMO orthogonal rake angle

19,1668 deg

WT weight of item

0,279 kg

SUBOP suboperation

Drilling with Symetrical Point

FEEDDIRCODE feed direction code

EFW

COATING coating

PVD

BMC body material code

2

CXSC coolant exit style code

1: axial concentric exit

DCON connection diameter

14 mm

FDC flute design code

SSK

FHA flute helix angle

28,2 deg

ITEMTYPE item type

Solid Cutting Tool

NOF flute count

2

NORGMX maximum regrinds

3

RELEASEPACK release pack id

12,1

RGF3 tool life factor to 3 regrinds

0,9 NULL

RGF4 tool life factor from 4 regrinds

0 NULL

RGL regrind length

3 mm

RPMX rotational speed maximum

7933 r/min

ULDR usable length diameter ratio

12,1846



Рисунок 4.4 – Цільне свердло 861.1-1300-156A1-GM GC34 та його геометричні параметри

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для обробки отворів 16 обираємо свердло зі змінними пластинами 880-D6000L40-02 Sandvik Coromant

Description		
CoroDrill® 880 indexable insert drill		
Ordering code		
ISO	880-D6000L40-02	
ANSI	880-D6000L40-02	
EDP		
Bar code	12215210	
DC	cutting diameter	60 mm
SSCM	insert seat size code	09
SSCN	insert seat size code	09
CZC	connection size code	40
LU	usable length	126 mm
LB1	body length	126 mm
BD1	body diameter	60 mm
LF	functional length	161 mm
OAL	overall length	237 mm
ADJLX	maximum adjustment limit	1,1 mm
DCON	connection diameter	40 mm
MIIDM	master insert identification	880-0906W08H-P-GM
MIIDM	master insert identification	880-090608H-C-GM
MIIDN	master insert identification	880-090608H-C-GM
MIIDN	master insert identification	880-0906W08H-P-GM
TSYC	tool style code	880..L-02
CNSC	coolant entry style code	1: axial concentric entry
KAPR	tool cutting edge angle	88 deg
ZEFF	face effective cutt edge count	2
GAMO	orthogonal rake angle	5 deg
LAMS	inclination angle	0 deg
WT	weight of item	2,7 kg
CUTINT_MASTER	part 2 of cutting item interface identifiers	COR: CoroDrill 880 -size 09-P (880-0906W08H-P-GM)
ADINTMS	adaptive interface machine direction	Cylindrical shank/clamping (ISO9766 drill shank) -metric: 40
FEEDDIRCODE	feed direction code	EFW
ADJLN	minimum adjustment limit	0 mm
BMC	body material code	1
CP	coolant pressure	10 bar
CXSC	coolant exit style code	3: axial inclined exit
FDC	flute design code	SSK
FHA	flute helix angle	22 deg
FHH	flute helix hand	R
ITEMTYPE	item type	Tool Item
LCF	chip flute length	161,6 mm
NOF	flute count	2
PL	point length	6 mm
RELEASEPACK	release pack id	7,2
RPMX	rotational speed maximum	5000 r/min
TCHAL	achievable hole tolerance lower	0 mm
TCHAU	achievable hole tolerance upper	0,3 mm
ULDR	usable length diameter ratio	2,1

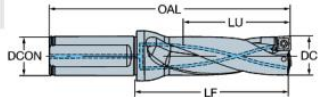


Рисунок 4.5 – Свердло зі змінними пластинами 880-D6000L40-02 та його геометричні параметри

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Description		
CoroDrill® 880 insert for drilling		
Ordering code		
ISO	880-09 06 W08H-P-GM 4014	
ANSI	880-09 06 W08H-P-GM 4014	
EDP		
Bar code	12233546	
SSCM	insert seat size code	09
SSCN	insert seat size code	09
IC	inscribed circle diameter	18,6 mm
S	insert thickness	5,5 mm
RE	Corner radius	0,8 mm
D1	fixing hole diameter	4,70 mm
INSUC	insert usage code	P
TSYC	tool style code	880..P-GM
GRADE	grade	4014
SC	insert shape code	S
HAND	hand	R
WT	weight of item	0,022 kg
TC	tolerance class insert	H
CUTINT_CLAMPSU RF	insert clamping interface	INSCLPINT_3B
CUTINT_SIZESHAPE	insert size and shape	MCOR_DE0906P_1
SUBOP	suboperation	Drilling with Asymetrical Point
COATING	coating	MTCVD
CBMD	chip breaker manufacturer's designation	GM
CECC	cutting edge condition code	E
ITEMTYPE	item type	Insert
NSIDE	number of sides of a tool item or cutting item	1
RELEASEPACK	release pack id	7,2
TCE	tipped cutting edge code	S

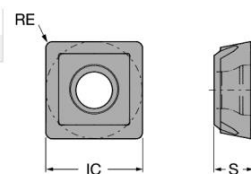


Рисунок 4.6 – Ріжуча пластина периферійна 880-09 06 W08H-P-GM 4014 її геометричні параметри

Description		
CoroDrill® 880 insert for drilling		
Ordering code		
ISO	880-09 06 08H-C-GM 1044	
ANSI	880-09 06 08H-C-GM 1044	
EDP		
Bar code	12233502	
SSCM	insert seat size code	09
SSCN	insert seat size code	09
IC	inscribed circle diameter	17,9 mm
S	insert thickness	5,5 mm
RE	Corner radius	0,8 mm
D1	fixing hole diameter	4,70 mm
INSUC	insert usage code	C
TSYC	tool style code	880..C-GM
GRADE	grade	1044
HAND	hand	R
WT	weight of item	0,021 kg
TC	tolerance class insert	H
CUTINT_CLAMPSU RF	insert clamping interface	INSCLPINT_3B
CUTINT_SIZESHAPE	insert size and shape	MCOR_DE0906C_1
SUBOP	suboperation	Drilling with Asymetrical Point
COATING	coating	PVD
CBMD	chip breaker manufacturer's designation	GM
CECC	cutting edge condition code	E
ITEMTYPE	item type	Insert
NSIDE	number of sides of a tool item or cutting item	1
RELEASEPACK	release pack id	7,2
TCE	tipped cutting edge code	S

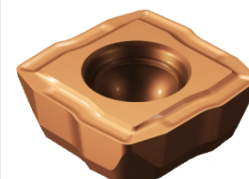
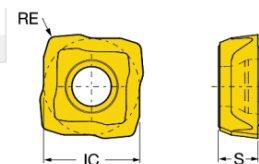


Рисунок 4.7 – Ріжуча пластина центральна 880-09 06 08H-C-GM 1044 та її геометричні параметри

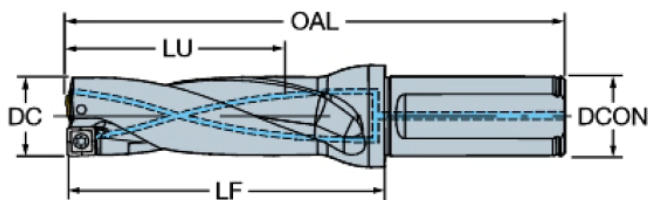
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ

Арк.

Для обробки отворів 17 обираємо свердло зі змінними пластинами 880-D5100L40-02 Sandvik Coromant

880-D5100L40-02



Диаметр резания (DC)	51 mm
Код размера гнезда под пластину (SSC)	08
Код размера соединения (CZC)	40
Полезная длина (LU)	107 mm
Функциональная длина (LF)	139 mm
Полная длина (OAL)	214 mm
Предел регулировки максимальный (ADJLX)	0,6 mm
Диаметр соединения (DCON)	40 mm
Обозначение основной пластины (MIID)	880-080508H-C-GM
Обозначение основной пластины (MIID)	880-0805W08H-P-GM
Паз, направление винтовой линии (FHH)	правосторонняя канавка
Код интерфейса пластины (IIC)	SV\$\$DE0805\$\$3**C\$\$\$
Угол режущей кромки инструмента (KAPR)	88 °
Длина стружечной канавки (LCF)	138 mm
Наименование класса инструментального изделия (PRODClassNAME)	Indexable drill - asymetrical point
Достижимый допуск отверстия нижний (TCHAL)	0 mm
Число эффективных реж. кромок передней поверхности (ZEFF)	1
Диаметр корпуса (BD)	51 mm
Код типа подвода СОЖ (CNSC)	осевой концентрический вход
EAN (EAN)	12214941
Код конструкции пазы (FDC)	спиральная стружечная канавка
Главный передний угол ортогональный (GAM0)	5 °
Тип элемента (ITEMTYPE)	11
Вес элемента (WT)	2,1 kg
Паз, угол наклона винтовой линии (FHA)	22 °
Код интерфейса пластины (IIC)	SV\$\$DE0805\$\$3**P\$\$\$
Выступающая длина (LPR)	144 mm
Число канавок (NOF)	2
Длина вершины (PL)	5,1 mm
Код типа отвода СОЖ (CXSC)	наклонный выход
Угол наклона (LAMS)	0 °
Скорость вращения максимальная (RPMX)	15000 1/min
Достижимый допуск отверстия верхний (TCHAU)	0,28 mm
Код типа инструмента (TSYC)	880..L-02
Отношение полезной длины и диаметра (ULDR)	2,1
Адаптивный интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank/clamping (ISO9766 drill shank) - metric: 40
Код материала корпуса (BMC)	Сталь
Основная стандартная группа (BSG)	ISO 9766
Давление СОЖ (CP)	10 bar

Рисунок 4.8 – Свердло зі змінними пластинами 880-D5100L40-02 та його геометричні параметри

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

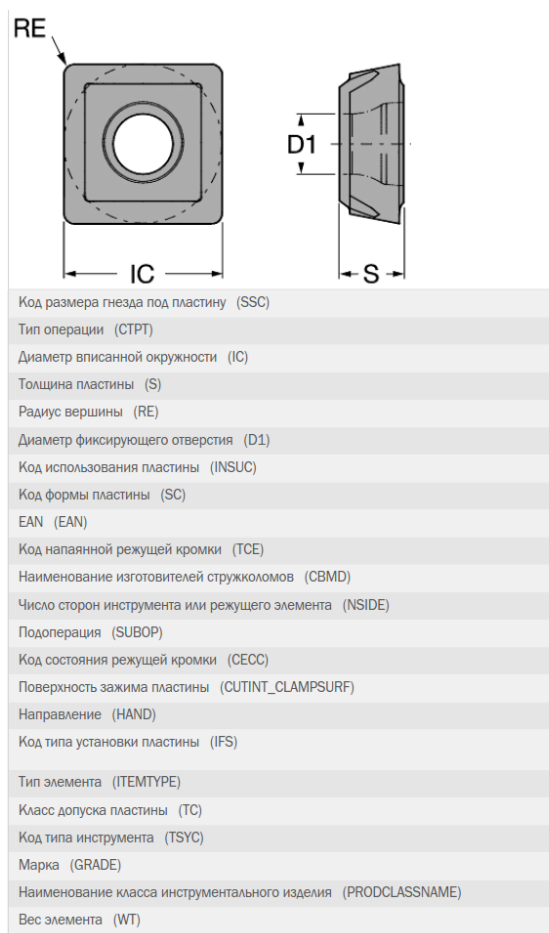


Рисунок 4.9 – Ріжуча пластина периферійна 880-08 05 W12H-P-GR 4024 та її геометричні параметри

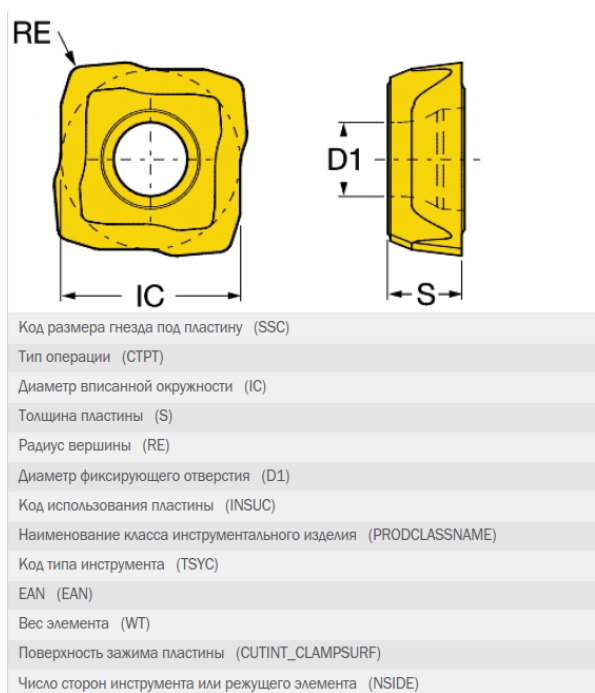
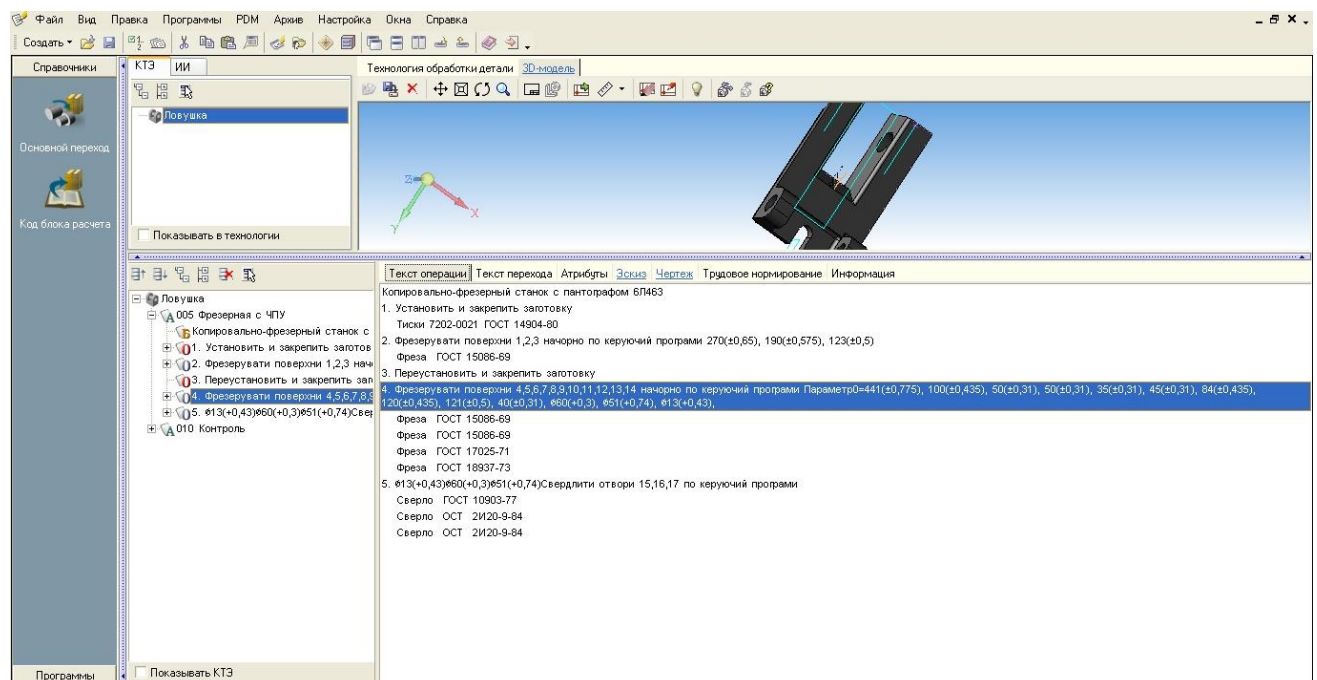
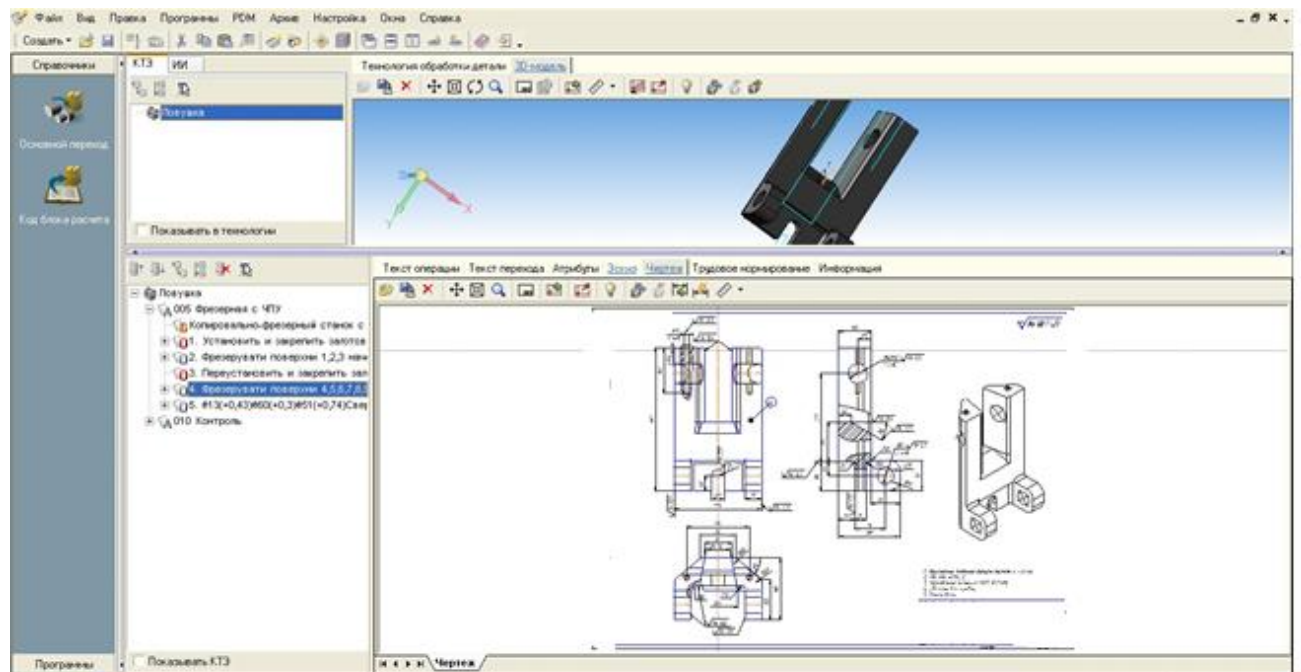


Рисунок 4.10 – Ріжуча пластина центральна 880-08 05 08H-C-GR 1044 та її геометричні параметри



					<i>КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПOM</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

Деталь – «Уловлювач».

Операція – Фрезерна з ЧПК

Верстат – Фрезерний верстат DMU 50

Таблиця 4.1 – Вибір різального інструменту

№ позиції	Найменування інструменту
T01	Для обробки поверхонь 1,2,3,4,5,8,11,12, кінцева фреза A316-25FMC50-10063L 1030
T02	Для обробки поверхні 9 кінцева фреза 1P340-1800-XB 1640
T03	Для обробки поверхні 10 кінцева фреза 2P340-2000-PA 1630
T04	Для обробки отворів 15 цільне свердло 861.1-1300-156A1-GM GC34
T05	Для обробки отворів 16 свердло зі змінними пластинами 880-D5100L40-02
T06	Для обробки отворів 17 обираємо свердло зі змінними пластинами 880-D5100L40-02
T07	Для обробки поверхонь 6,7,11,12,13,14, кінцева фреза A316-25FMC50-10063L 1030 з подовженим перехідником

Підготовка керуючої програми для свердління отворів 16 створюємо за допомогою САМ системи FeatureCAM компанії Delcam.

Кадри з програми зображені на рисунку 4.13 - 4.15

					<i>КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

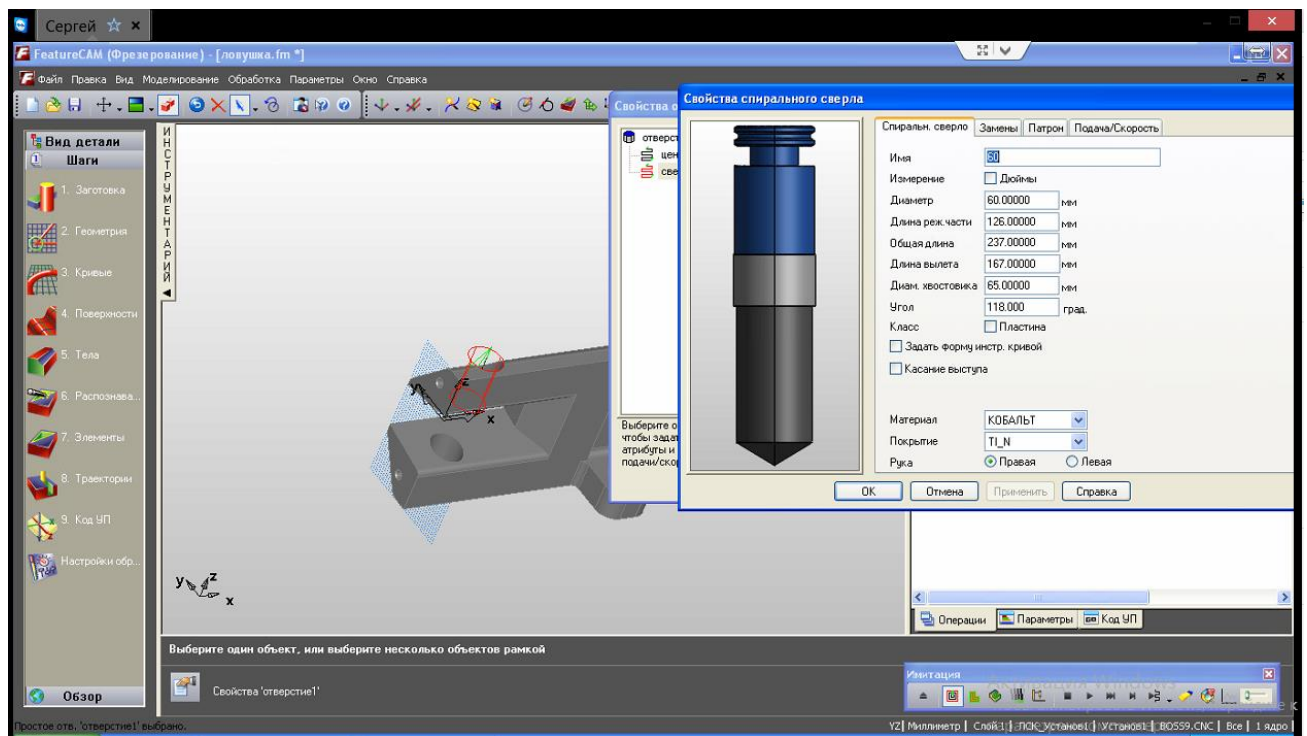


Рисунок 4.13 – Введення параметрів свердла

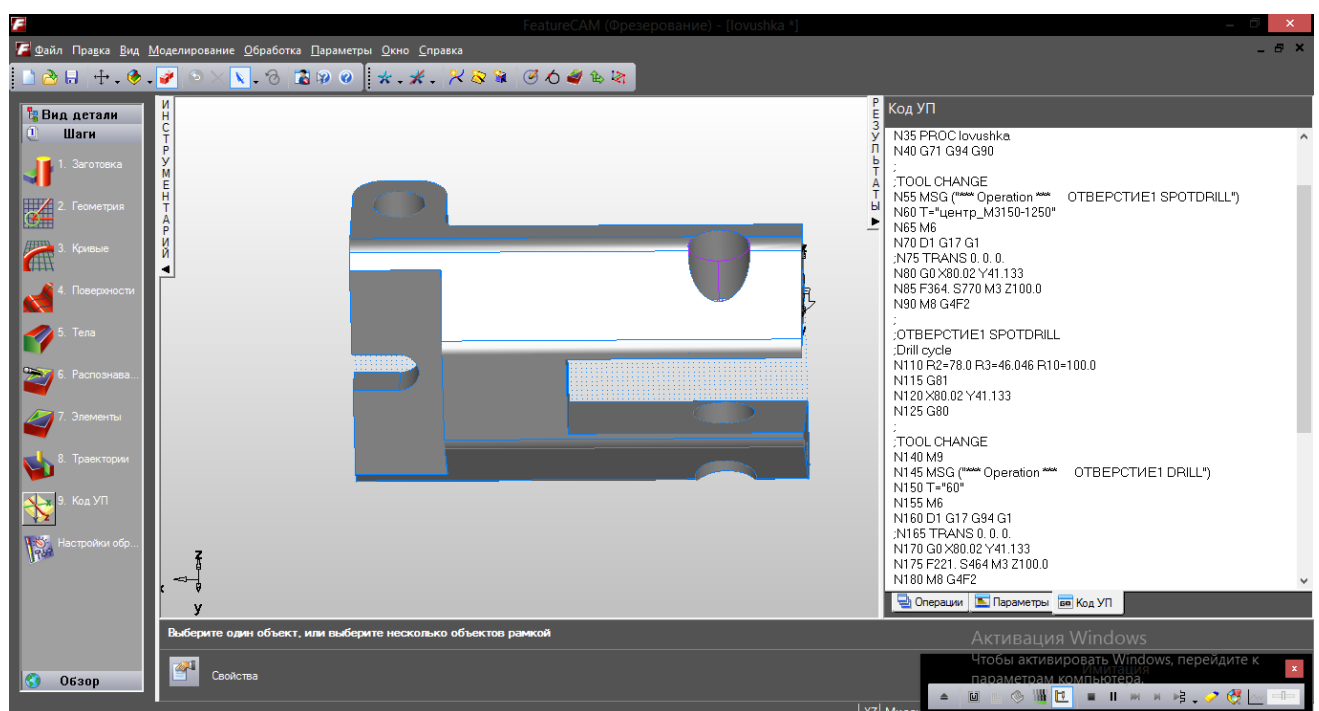


Рисунок 4.14 – Імітація обробки та вивід управляючої програми

					<i>КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

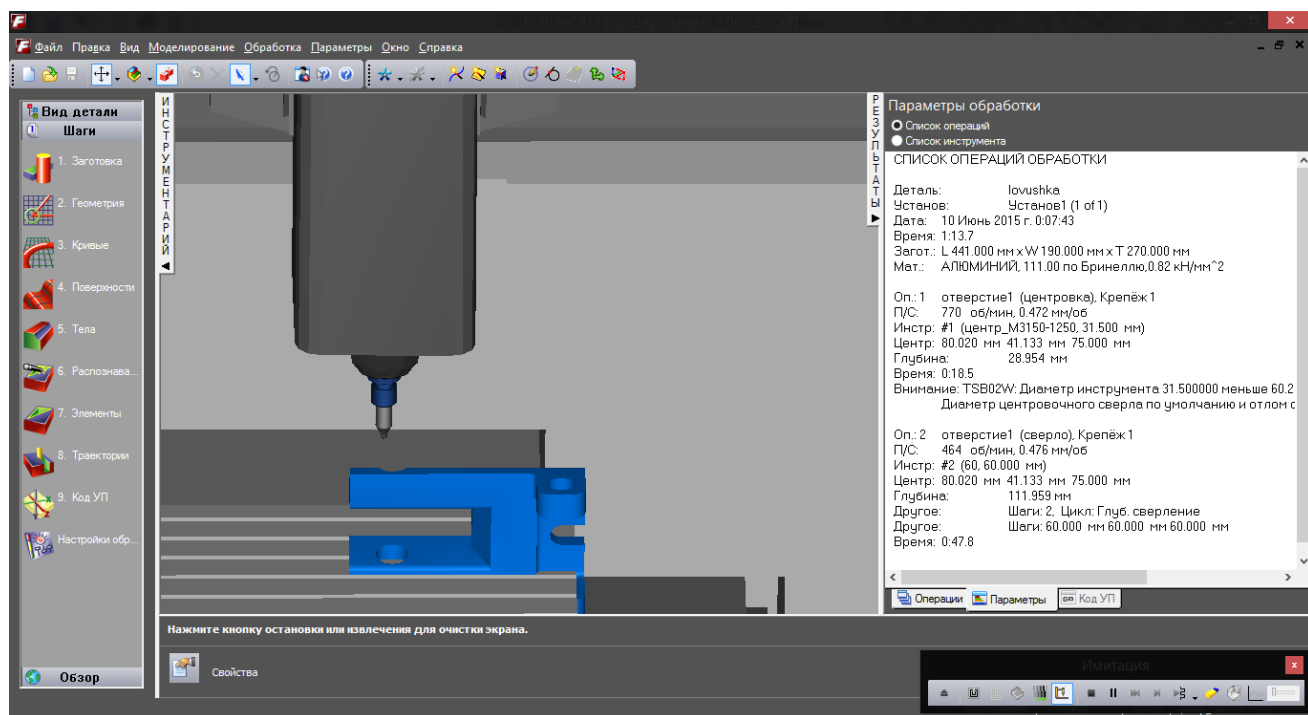


Рисунок 4.15 – Імітація обробки та вивід управляючої програми

Підготовлений фрагмент програми для виконання технологічного переходу для фрезерного верстату DMU 50 з пристроєм Siemens 840D SOLUTIONLINE наведений нижче

```

dnl: lovushka )
;УСТАНОВ2
;Zakazka:41/07/000
;FeatureCAM
;Programator - Lindovsky, datum: 2-10-2015
;*****
;Obrob: OTBIP1
;Nastroj: центр_M3150-1250
;Programovany pr. nastroje: 0.4921
;-----
N0060 G54
N0065 T08 M6
N0070 G94S770F14.3M3M8
N0075 G0 X3.1504 Y1.6194
N0080 G0Z3.0709
N0085 MCALL CYCLE82 (3.937,2.9528,0.1181,,1.1399,0)
N0090 X=IC(0) Y=IC(0)
N0095 MCALL
N0100 Z20.4724
N0105 M1

```

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```

;-----
;Obrob: OTBIP1
;Nastroj: 60
;Programovany pr. nastroje: 2.3622
;-----

```

```

N0135 T05 M6
N0140 G94S464F8.7M3M8
N0145 G0 X3.1504 Y1.6194
N0150 G0Z3.0709
N0155 MCALL CYCLE83(3.937,2.9528,0.1181,,4.4078, , 2.3622,2.3622,0,0,1,1)
N0160 X=IC(0) Y=IC(0)
N0165 MCALL
N0170 M9 M5
N0175 G0Z20.4724
N0180 T0M6
N0185 M30

```

CIMCO надає широкий набір засобів для редагування КП, включаючи нумерацію кадрів, математичні функції, зміщення і віддзеркалювання, порівняння файлів і передачу програм на верстати.

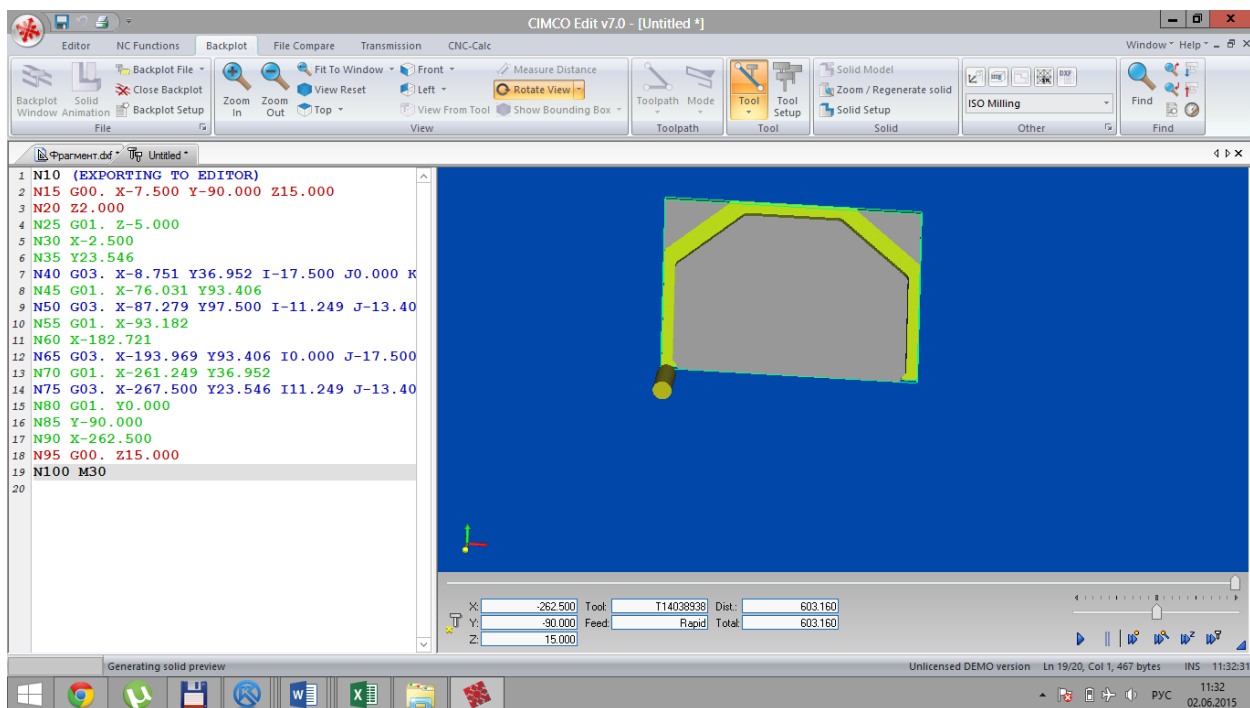


Рисунок 4.16 – Симуляція обробки в CIMCO

					КНУ.КМР.131.25.2-01.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ДИРОБНИЙ ЦЕНТРА				Літ.	Арк.	Аркшів		
Розроб.	Літаш										1.1	19	
Перевір.	Шуваїнда								Кафедра ТМ група ПМ-24м				
Реценз.													
Н. Контр.	Нечаєв												
Затверд.	Рязанцев												

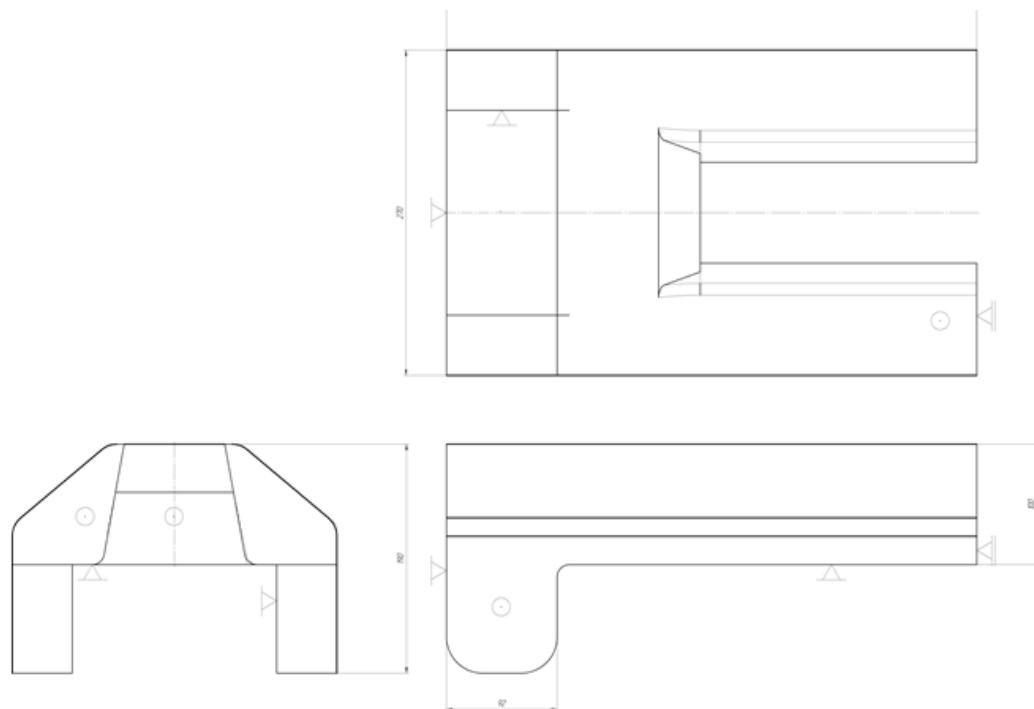


Рисунок 5.3 – Умовна схема базування

Основа – є головна технологічна база та лишає 3 ступенів вільності, упор у внутрішній торець – є напрямною та полишає двох ступенів вільності, упор у торець полишає однієї степені вільності, отже маємо повне базування.

5.2.2 Розрахунок похибки базування

В нашому випадку похибка базування буде $= 0$, так як виконується єдність конструкторських і технологічних баз.

5.2.3 Вибір або проектування установчих елементів пристосування

Аналіз форми деталі та способу її базування обумовлюють вид пристосування, основними компонентами якого являються лещата, опорні пластини та губка спеціальна.

Обираємо лещата переналаджовані універсальні зі збільшеним ходом губок ДСТУГОСТ 14904-89

На плиту лещат встановлюємо 2 опорні пластини 7034-0474 та 2 опорні пластини 7034-0478 – рисунок 5.5, за ДСТУГОСТ 4743-88. Закріпленням через болт. Також встановлюємо замість лівої губки спроектовану губку спеціальну – ескіз на рисунку 6.6. Закріплення через два гвинти та два штифти. Встановлення лещат на стіл верстата з'єднання шпонкове із закріпленням через болт.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

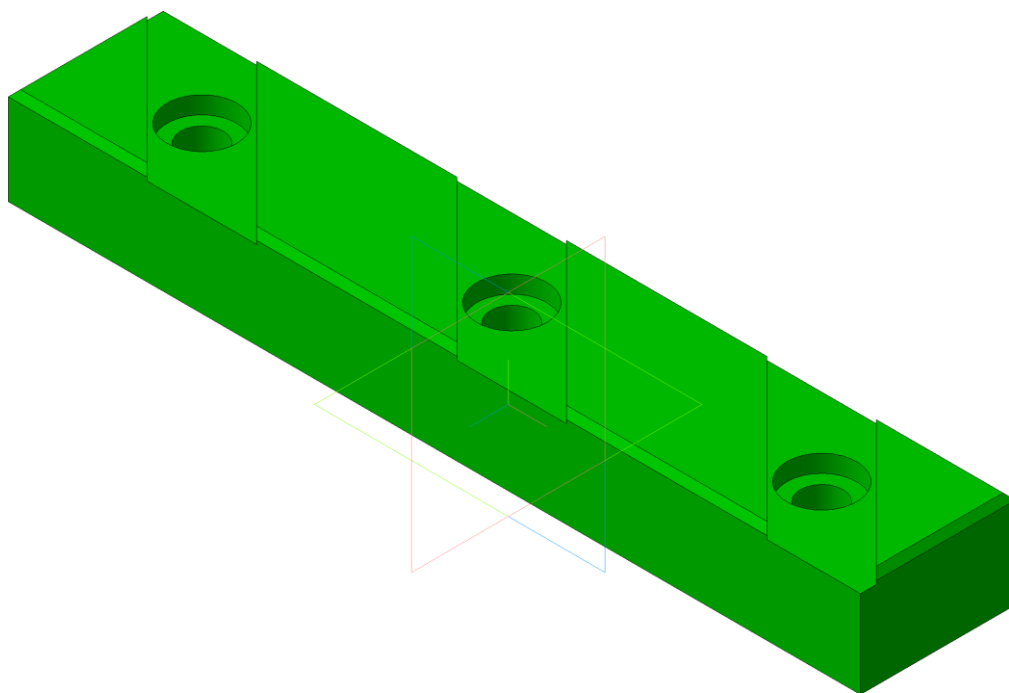


Рисунок 5.4 – Пластина опорна за ДСТУГОСТ 4743-88

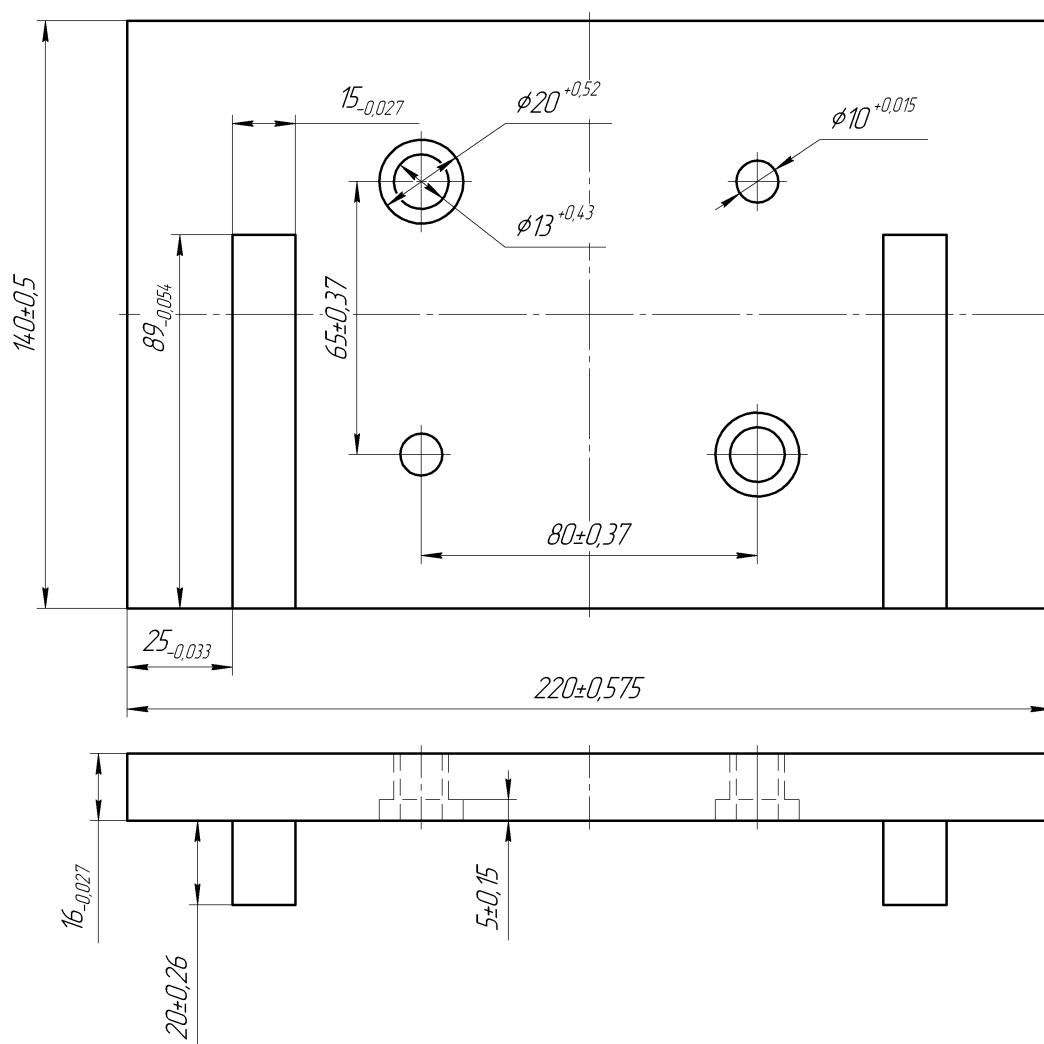


Рисунок 5.5 – Ескіз губки спеціальної

5.2.6 Розробка схеми закріплення деталі

Для розробки схеми закріплення необхідно розрахувати сили різання, що діють на деталь при фрезеруванні:

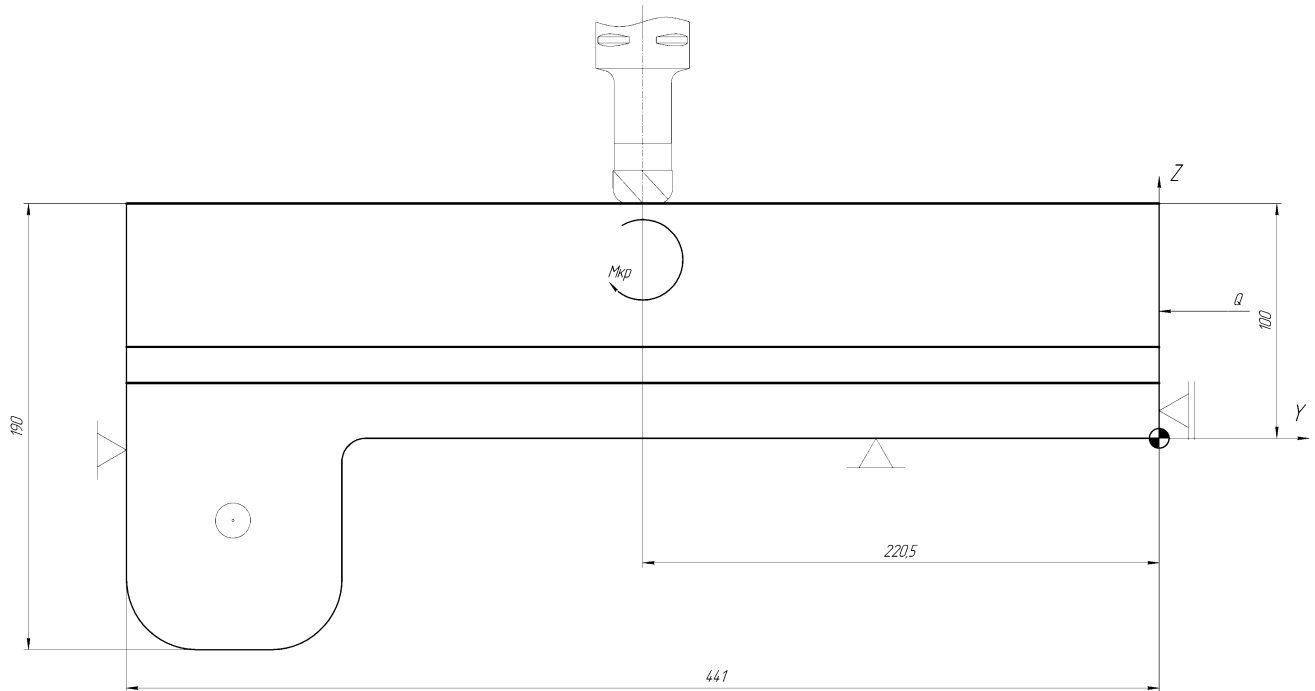


Рисунок 5.6 – Сили різання при фрезеруванні

Момент різання та сили різання визначимо за допомогою програми CoroGuide® [6].

З розрахунку беремо данні моменту різання $M_{\text{різ}} = 7,53 \text{ Нм}$

Складаємо рівняння рівноваги відносно точки А.

$$KM_{\text{різ}} = F_{\text{тр}} \cdot l_1 + F_{\text{тр}} \cdot l_2 \quad (5.1)$$

де, К- коефіцієнт запасу – 2,5 ; $M_{\text{різ}}$ - момент різання ; $F_{\text{тр}}$ - сила тертя ; l_1, l_2 - плечі сил.

Сила тертя дорівнює :

$$F_{\text{тр}} = Q \cdot f_k \quad (5.2)$$

де, Q сила закріплення, f_k - коефіцієнт тертя, звідси:

$$Q = F_{\text{тр}} / f_k \quad (5.3)$$

В нашому випадку існує одна найнебезпечніша точка:

- 1) Точка різання на середині

Розрахуємо силу закріплення у цій точці

$$2,5 \cdot 7,53 = F_{\text{тр}}(0,2205 + 0,2205)$$

$$F_{\text{тр}} = 42,69 \text{ Н}$$

Звідси розрахуємо силу закріплення при врізанні:

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q = F_{тр} / f_k$$

$$Q_1 = 42,69 / 0,1 = 426,87 \text{ Н}$$

Отже необхідна сила закріплення становить: $Q = 426,87 \text{ Н}$

Лещата переналагоджувані універсальні зі збільшеним ходом губок мають пневмо привід з силою затиску 15000 Н при тиску повітря 40 Н/см^2 , що задовольняє нашим умовам.

5.2.7 Визначення похибки встановлення пристосування на верстаті

Розраховуємо похибку верстатного пристосування :

$$\delta_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\delta_6^2 + \delta_{у.ел}^2 + \delta_{зм.ел}^2 + \delta_{зн.}^2} \quad (5.4)$$

де :

δ_6 — похибка базування вируховано вище $\delta_6 = 0$

$\delta_{у.ел}$ — похибка установчих елементі (призм) максимальний зазор між шпонками в призмах і пазами в плиті $S_{max} = 0,018 \text{ мм}$

$\delta_{зм.ел}$ - похибка змінних елементів зазор між установленою шпонкою та пазом в столі верстата $S_{max} = 0,022 \text{ мм}$

$\delta_{зн.}$ - похибка зношення приблизно $0,01 \text{ мм}$

K- коефіцієнт відхилення $1,1-1,2$

$$\delta_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{0^2 + 0,022^2 + 0,018^2 + 0,01^2} = 0,0361 \text{ мм}$$

Отже похибка встановлення пристрою на верстат $\delta_{\Sigma} = 0,0361 \text{ мм}$ що менше допуску на обробку деталі (100JS14) $T = 0,87 \text{ мм}$,отже пристосування задовольняє вимоги обробки деталі.

5.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

5.3.1 Етапи проектування пристосування

5.3.1.1 Вибір схеми контролю

Контроль відхилення від співвісності двох отворів виконуємо по схемі, що зображення на рисунку 5.7.

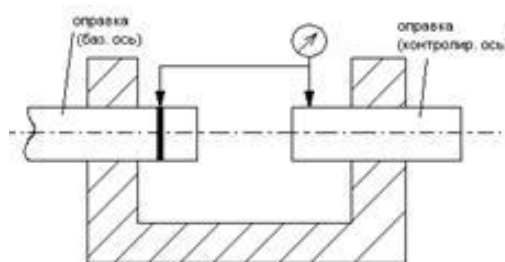


Рисунок 5.7 – Схема виміру співвісності двох отворів

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5.3.1.2 Розробка схеми базування

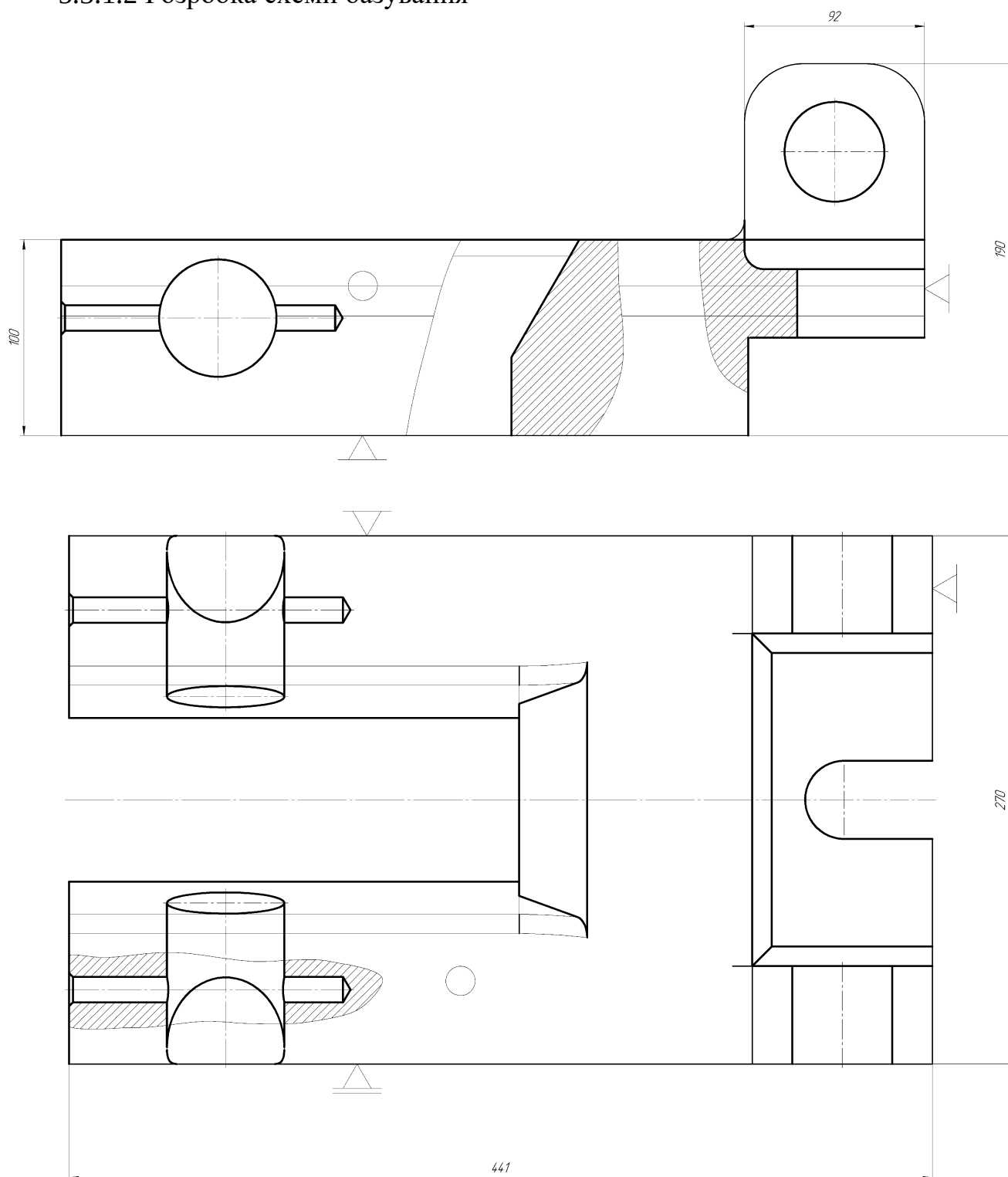


Рисунок 5.8 – Схема базування для контролю відхилення від співвісності

Основа – є головна технологічна база та лишає 3 ступенів вільності, упор у більший торець – є напрямною та полишає двох ступенів вільності, упор у торець полишає однієї степені вільності, отже маємо повне базування.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5.3.1.3 Вибір та проектування установчих елементів

Проектуємо дві спеціальні оправки та тримач для індикатору для нашого контрольного пристосування.

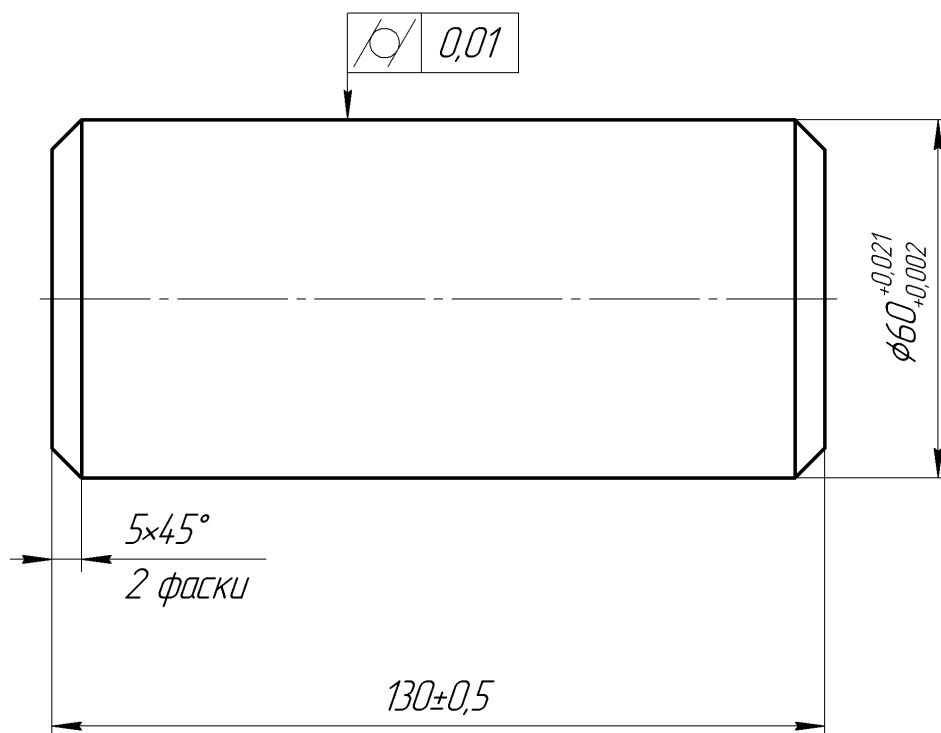


Рисунок 5.9 – Ескіз оправки

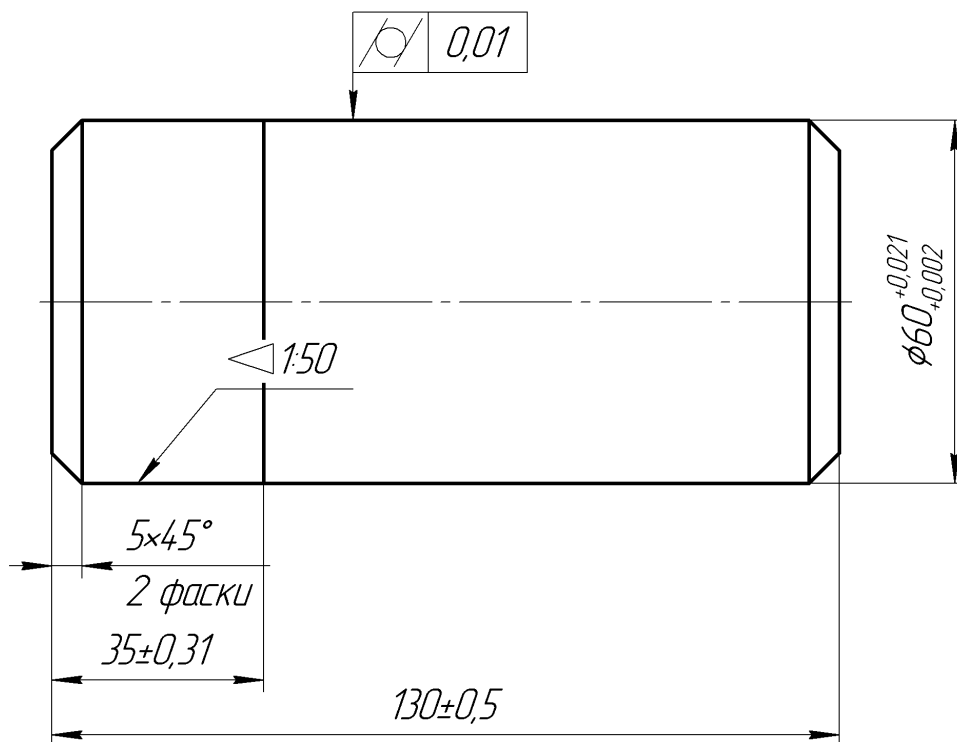


Рисунок 5.10 – Ескіз оправки

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

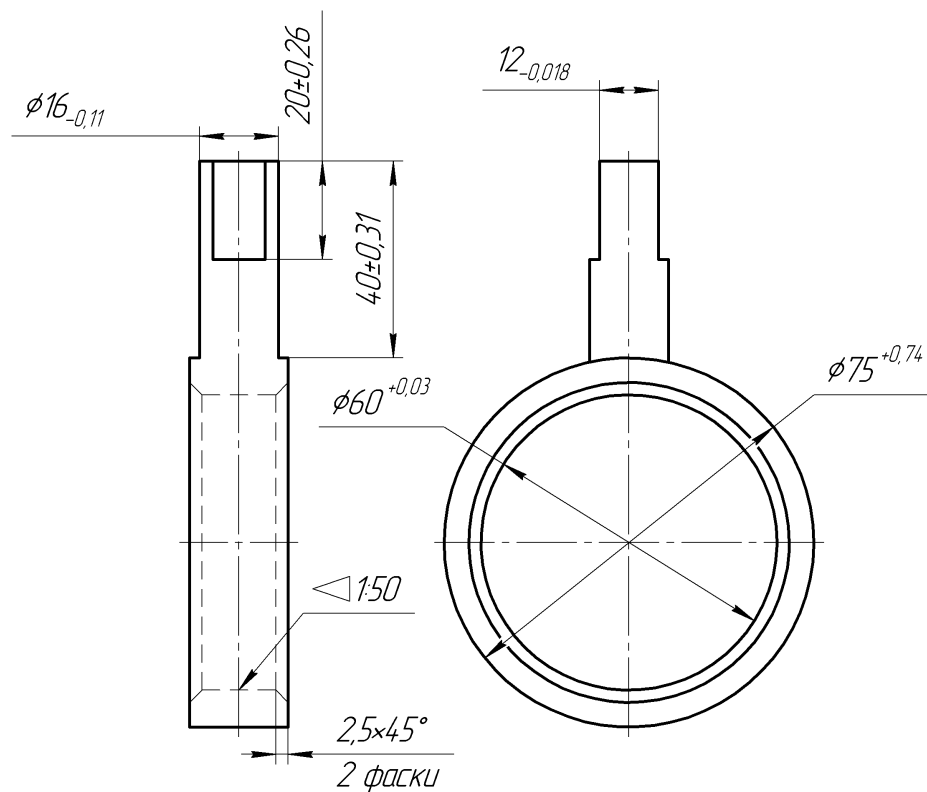


Рисунок 5.11 – Ескіз кільця кронштейну

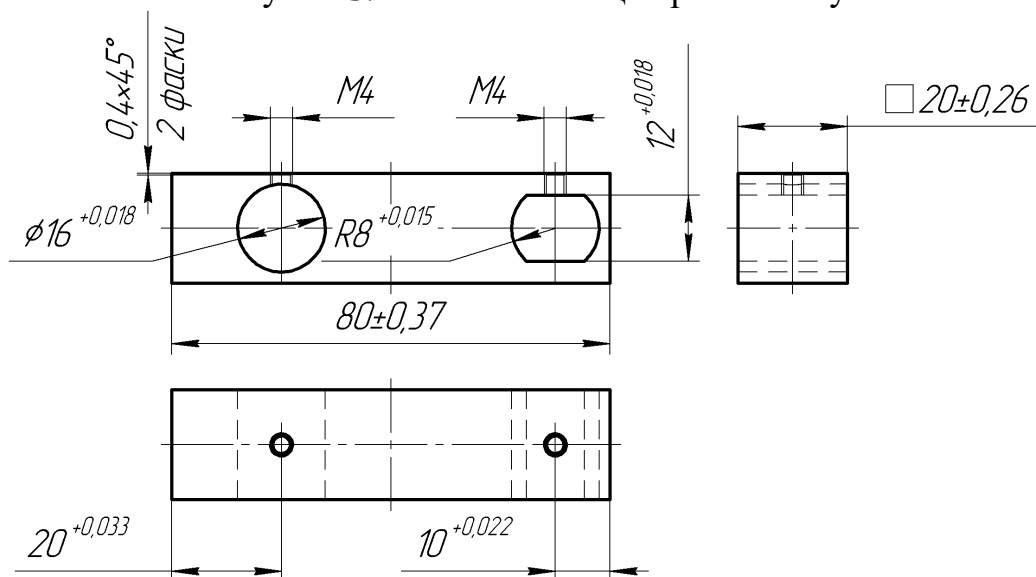


Рисунок 5.12 – Ескіз опори кронштейна

Дві оправки призначенні для установки в два отвори контролюємої деталі, на одну з оправок встановлюється кільце кронштейну на яке встановлюють опору кронштейну, після чого встановлюють індикатор та піджимають установчими гвинтами.

Відхилення від співвісності буде фіксувати індикатор.

5.3.1.4 Вибір та проектування контрольних приладів

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

В якості контрольного пристрою обираємо датчик електронного типу МИГЦ-1, першого класу точності. Загальний вигляд та технічні характеристики представлені нижче.

Таблиця 5.1 -Технічні характеристики датчика МИГЦ-1

Параметр	Значення
Мінімальне значення виміру,мм	0
Максимальний діаметр виміру,мм	350
Зусилля ,Н	2
Розмір похибки ,мм	0,0005



Рисунок 5.13 – Зовнішній вигляд датчику МИГЦ-1

5.3.1.5 Компоновка контрольно-вимірювального пристрою

Поеднуючи всі установчі, вимірювальні та допоміжні елементи маємо компоновку контрольно-вимірювального пристрою, що показана на рисунку 5.14

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

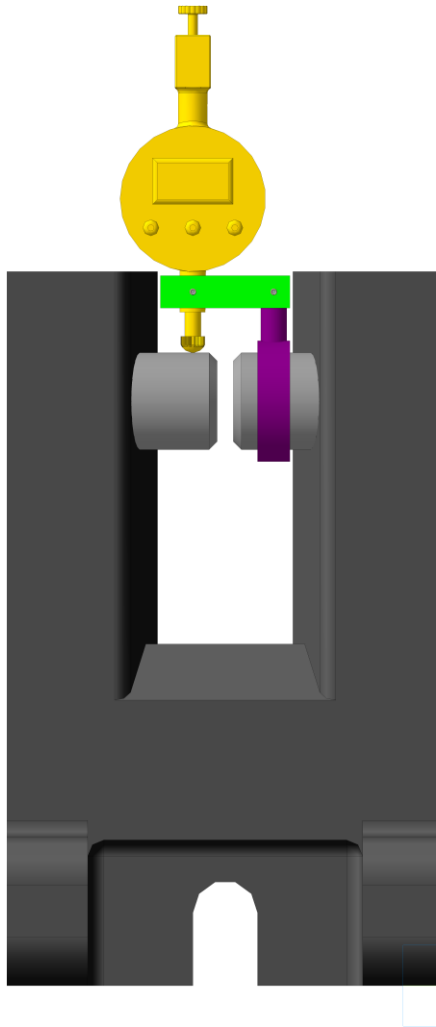


Рисунок 5.14 – Компоновка контрольно-вимірального пристрою

5.3.1.6 Визначення похибки контролю

Визначаємо допустиму похибку контролю, з умов, що вона становить 10-30 % від допуску на розмір. Маємо розмір $60^{+0,3}$. Допуск на оброблювану деталь становить 0,3 мм. Тоді:

$$[\Delta] = 0,3 \cdot (0,1 \div 0,3) = 0,03 \div 0,09 \text{ мм} \quad (5.5)$$

Приймаємо $[\Delta] = 0,09$.

Індикатор МИГЦ-1 має похибку виміру $[\Delta_{\text{ін}}] = 0,0005 \text{ мм}$.

Оправки мають – похибку виготовлення настановних елементів (відхилення від циліндричності) $[\Delta_{\text{н.е.}}] = 0,01 \text{ мм}$.

Похибкою установки деталі в пристосуванні буде поступове зношення оправок. Характеристикою зносу установних елементів слугує зносостійкість S , під якою розуміють кількість установок N , яка спричинює знос опори на 1мкм.

Для початку треба вибрати твердість робочих поверхонь установних елементів. Для сталі У8А твердість дорівнює 615HV.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Визначаємо критерій зносостійкості Π_1 з урахуванням матеріала заготовки і установочного елемента. В нашому випадку $\Pi_1 = 0,86$. Знаходимо зусилля, яке діє на установочний елемент з урахуванням ваги пристосування. Спочатку визначимо вагу пристосування:

$$F = mg \quad (5.6)$$

$$F = 7,89 \cdot 9,8 = 77,322 \text{ Н}$$

Визначимо критерій навантаження опорних елементів:

$$\Pi_2 = \frac{F}{HV} \quad (5.7)$$

$$\Pi_2 = \frac{77,322}{615} = 0,126$$

Для знайдених значень Π_1 і Π_2 по графікам зносостійкості визначаємо величину зносостійкості. У нашому випадку опорні елементи зносяться на 1мм за 900 вимірів. Враховуючи партію деталей $N=1000$ і допустиму похибку 0,09 мм, пристосування задовольняє умовам зносостійкості.

Випадкова похибка вираховується у розмірі 30% від найбільш точного допуску на розмір в конструкції (посадочне місце центрів $\varnothing 60\text{к6}$)

$$\Delta_{\text{вип}} = 0,019 \cdot 0,3 = 0,0057 \text{ мм} \quad (5.8)$$

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{н.е.}} + \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{ин}}^2} \quad (5.9)$$

де, $\Delta_{\text{вип}}$ - випадкова похибка,

$\Delta_{\text{ин}}$ - похибка індикатора,

$\Delta_{\text{н.е.}}$ - похибка виготовлення настановних елементів.

$$\Delta_{\Sigma} = 0,01 + \sqrt{0,0057^2 + 0,0005^2} = 0,016 \text{ мм}$$

Отже похибка контролю менша допустимої похибки :

$$\Delta_{\Sigma} = 0,016 \leq [\Delta] = 0,09 \text{ мм}$$

Висновок: точність приладу задовольняє умови контролю

					КНУ.КМР.131.25.2-01.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 ВИКОРИСТАННЯ CAD/CAE ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЕТАЛІ «УЛОВЛЮВАЧ»

Розглянемо в загальному випадку концепцію наскрізного проектування деталі «Уловлювач» з використанням CAD/CAM/CAE технологій, що складається з ряду етапів:

1. Концептуального проектування.
2. Створення геометричної моделі виробу.
3. Випуск конструкторської-технологічної документації.
4. Підготовка керуючої програми обробки виробу на верстаті із числовим програмним керуванням (ЧПК).

Порівняння побудованих 3D моделей:

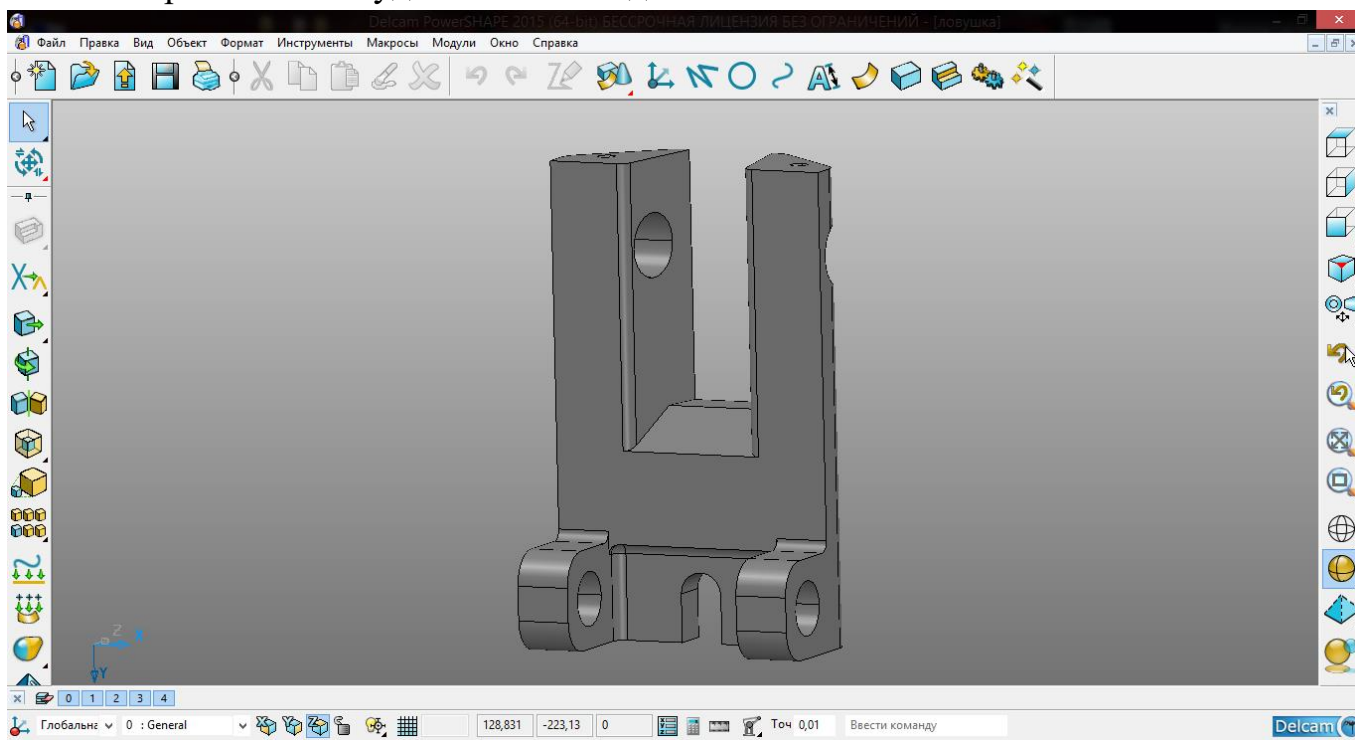


Рисунок 6.1 – 3D модель в Delcam PowerSHAPE

					КНУ.КМР.131.25.2-01.06.ВТСТ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ВИКОРИСТАННЯ CAD/CAE ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТАТИЧНОГО АНАЛІЗУ			Літ.	Арк.	Аркншів		
Розроб.	Літаш									1.1	19	
Перевір.	Шивінда							Кафедра ТМ група ПМ-24м				
Реценз.												
Н. Контр.	Нечаєв											
Затверд.	Рязанцев											

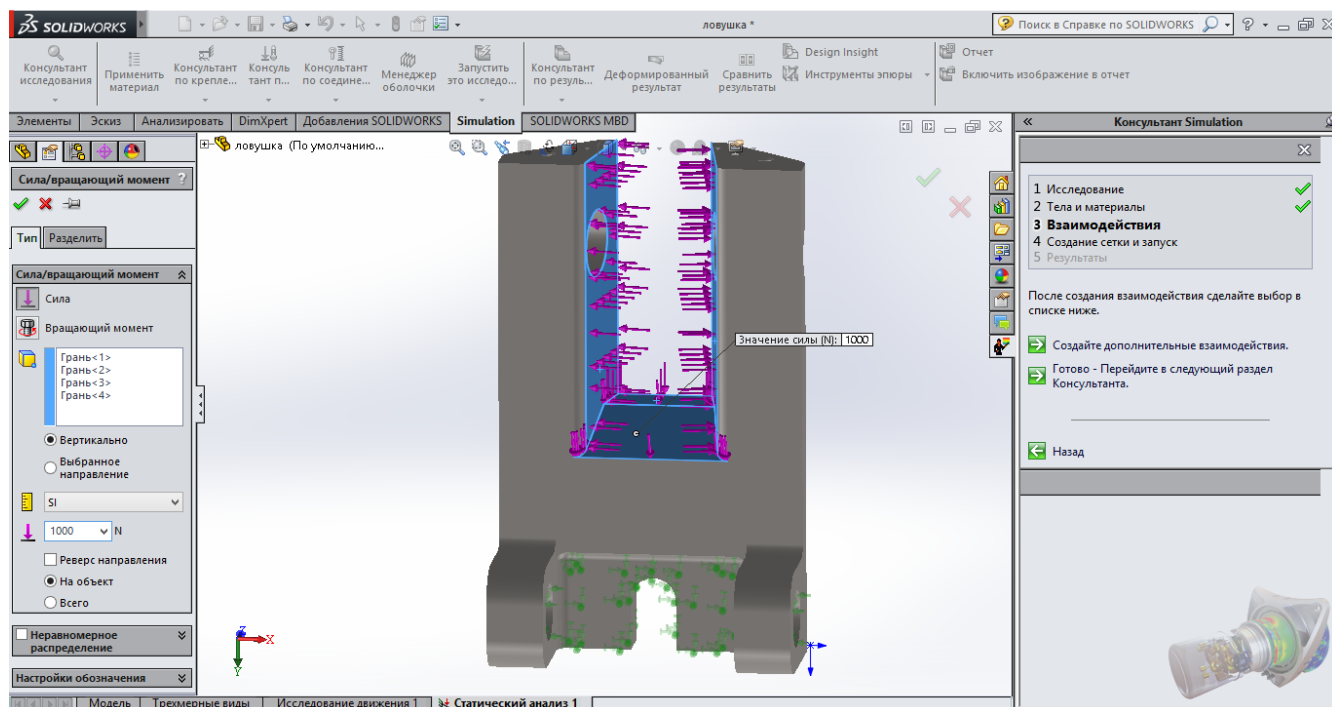


Рисунок 6.5 – Прикладення сил в модулі Simulation

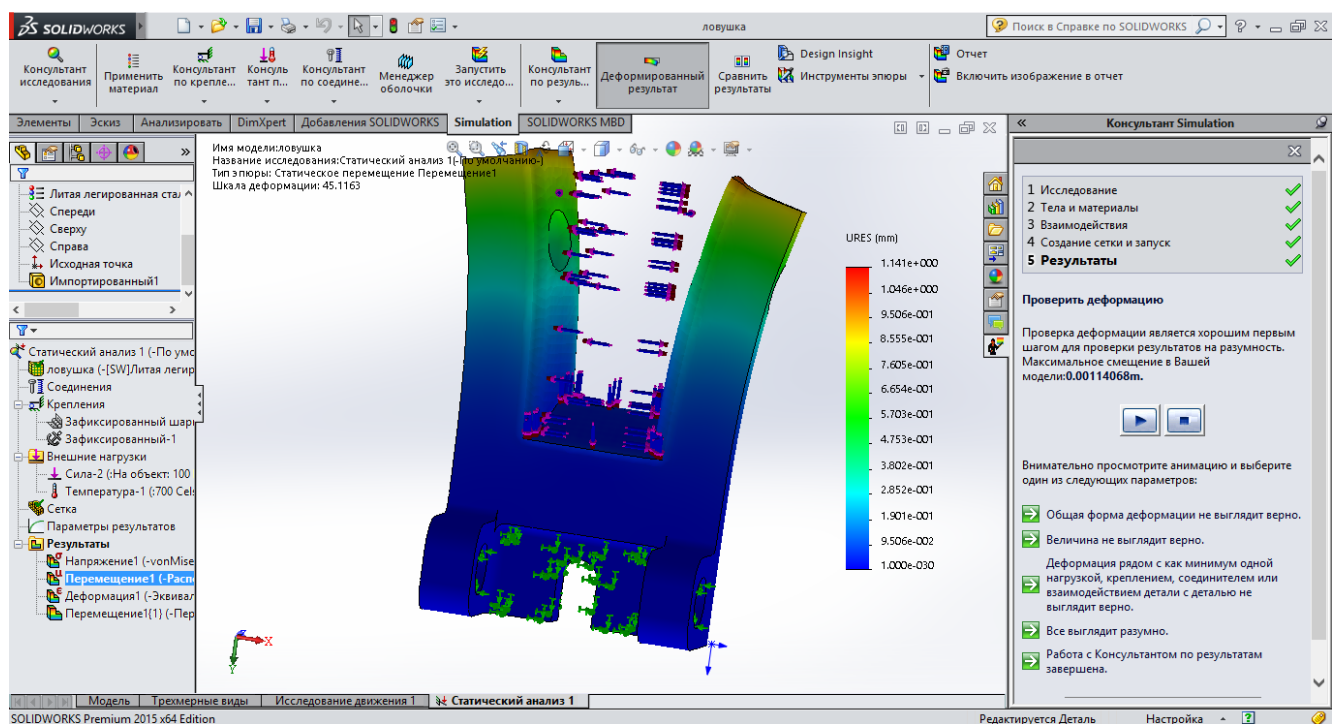


Рисунок 6.6 – Статичний аналіз переміщення в модулі Simulation

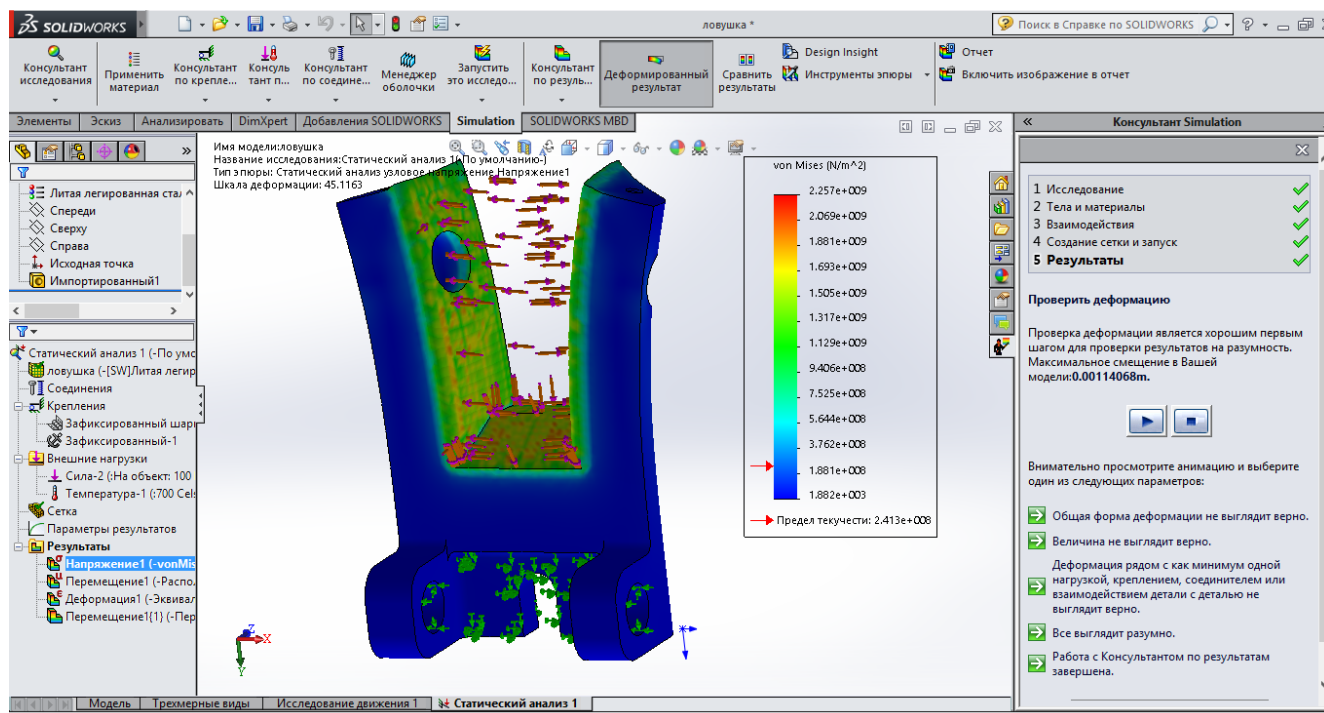


Рисунок 6.7 – Статичний аналіз вузлового напруження в модулі Simulation

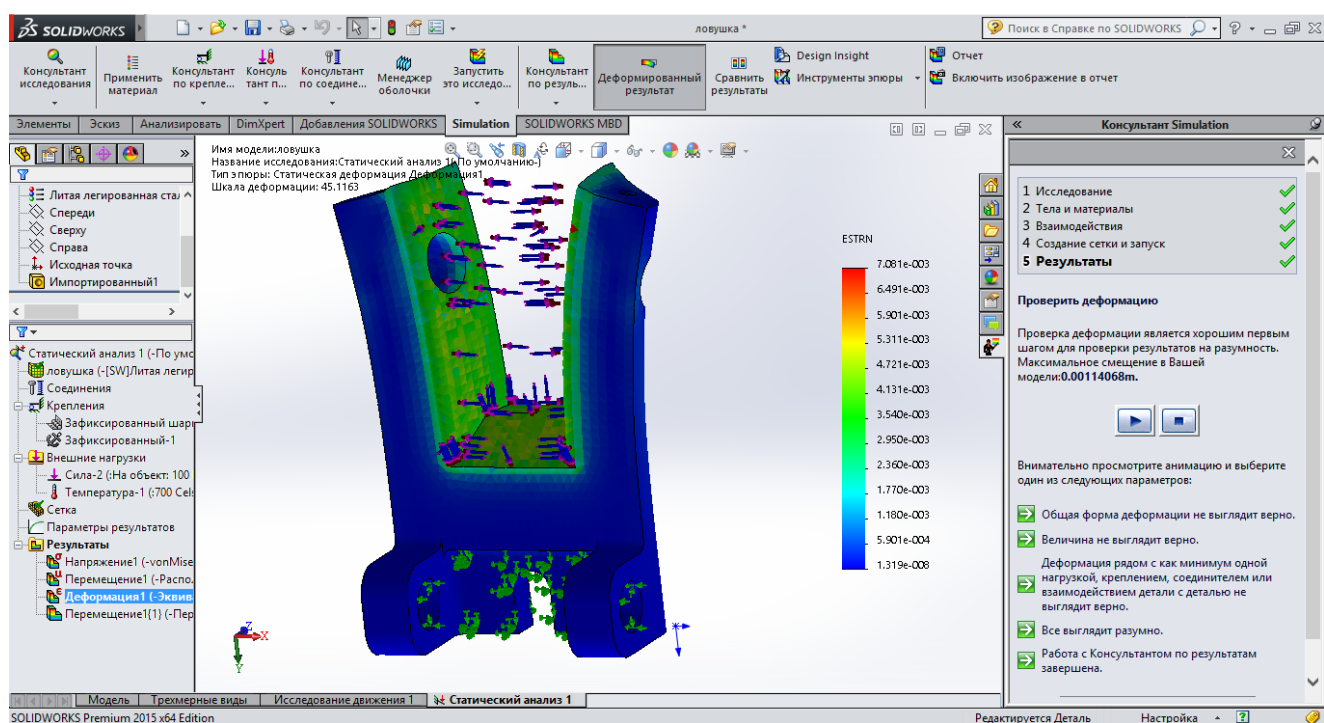


Рисунок 6.8 – Статичний аналіз деформації в модулі Simulation

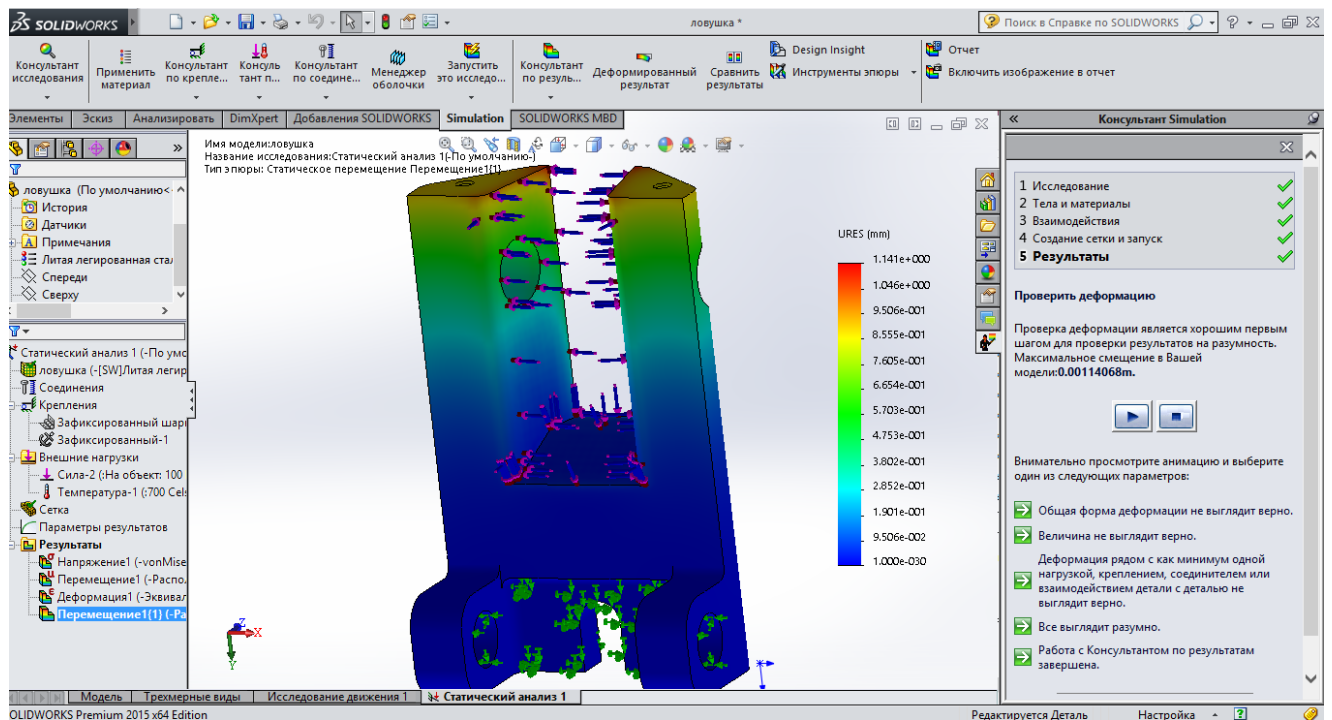


Рисунок 6.9 – Статичний аналіз переміщення в модулі Simulation

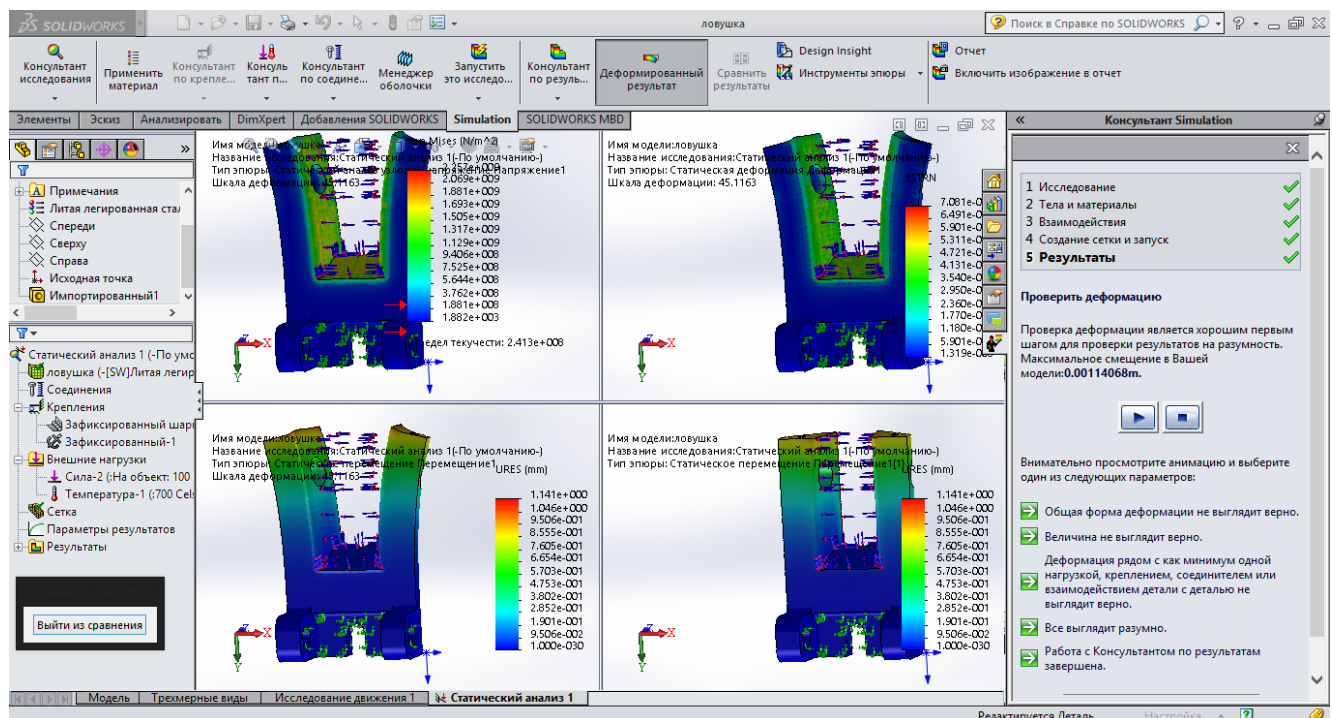


Рисунок 6.10 – Порівняння результатів статичного аналізу в модулі Simulation

Висновки: Проведений статичний аналіз деталі з прикладеною силою 1000 Н, показало максимальне зміщення 0,00114068 м, границю текучесті $2,413 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$ при шкалі деформації 45,1163, що менше за межу текучості матеріалу. Запас міцності для матеріалу 3,3. Це свідчить про те, що матеріал уловлювача задовольняє вимогам міцності і надійності при заданих режимах роботи.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КНУ.КМР.131.25.2-01. 06.ВТСТ

7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

Проводимо економічне порівняння двох варіантів обробки на Фрезерній операції 005, базового варіанту двох горизонтально-розточних верстатів 2А620Ф2, з фрезерним верстатом DMU 50.

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2А620 Ф2	2А620Ф 2	3- верстат	4-ий верстат	DMU50
<i>Деталь</i>					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000				1000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	17835	17835			4836.13
Час наладки верстата, хв.	250	250			115
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5				5
	4	3			2
	3	3			5
		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300

Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	70,28				70,28
Вартість комплексу спец. пристосувань	500	500			500
$K_{пр}$, грн					
Оптова ціна на прокат одного УСІ Ц _{усп} , грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	14	14			4
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60			90

					КНУ.КМР.131.25.2-01.07.ОЕЧ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Літаш				ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	Лім.	Арк.
Перевір.	Пивінда						Аркуші
Ревенз.							1 1
Н. Контр.	Нечасєв					Кафедра ТМ група ПМ-24м	
Затверд.	Рязанцев						
							19

Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1			1
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_T	0,083	0,083			0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК $K_{ПК}$, грн.					2300

Середньочасова зарплатня робітника, грн:

верстатника $H_{ст}$	33,6	33,6			30,1
наладчика $H_{нал}$	33,6	33,6			34,3
наладчика інструмента $H_{ін}$	25	25			31,1
контролера H_k	29,8				29,8

Верстати					
Клас точності верстата	H	H			A
Маса верстата, т	23,2	23,2			25
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	15	15			23
Габарити пристрою ЧПК, м					2
Тип пристрою ЧПК					Siemens 840D
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рл}$, років	7	7			10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	15	15			50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	51			60
електротехнічної частини R_e	43	43			70
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1			2

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Оптова ціна верстата Π , грн.	14050	4050			28800
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,75			0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	25,0			45,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	401			272
електротехнічної частини H_e	86	86			60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0			1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5			2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1			1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975			3845

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	595				595
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	180	180			200

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2A620 Ф2	2A620Ф 2	3-й верстат	4-ий верстат	DMU50
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	400	0	0	1500
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	50	50	0	0	23
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	0	0	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	33,2	0	0	124,5
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,00	0,00	0,40
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0269	0,0269	0,0000	0,0000	0,0124
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,01075
(дійсна)	0	0	0	0	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,000	0,00	0,07
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	5				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску B	0,15	0,18	0,0000	0,000	0,42

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$C = I_z + I_n + I_{ін} + I_{лк} + I_{лр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$,

де I_z – зарплата верстатника;

I_n – зарплата за наладку верстата;

$I_{ін}$ – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстатом I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{лк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

$I_{лр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань I_k – зарплата контролера

$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-зварних пристосувань

при їх використанні;

I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

$I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

$I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

C_1 на деталь = 98,84

C_2 на деталь = 98,13

$C_1 =$	I_z	I_n	$I_{ін}$	$I_{лк}$	$I_{лр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k	
	44286	5283,53	0,00	0,00	373,3333	0	204,59	3723,45	35000	7992,0	0,0	1978,72	= 98841,45
$C_2 =$	37522	1240,53	234,00	766,6667	186,6667	0	228,10	3024,00	35000	15400,3	813,0	3710,1	= 98125,79

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_z

$$I_z = \text{Нст.зар} \cdot T_{\text{шт}} / d$$

де Нст.зар – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$\text{Нст.зар} = \text{Нст} + Z_d + C_{\text{випр}} + C_{\text{спрем}}$$

де Нст – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{\text{випр}}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{\text{спрем}}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{шт}} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант					
а	2А620Ф2	$I_3 =$	Нст.зар	$T_{\text{шт}}$	d	DMU50	$I_3 =$	Нст.зар	$T_{\text{шт}}$	d
		22339	55,85	400	1		37522	50,03	1500	2
	2А620Ф2	$I_3 =$	Нст.зар	$T_{\text{шт}}$	d	Всього Из2	37522			
		21947	54,87	400	1					
3-верстат		$I_3 =$	Нст.зар	$T_{\text{шт}}$	d					
		0	0,00	0	0					
4-ий верстат		$I_3 =$	Нст.зар	$T_{\text{шт}}$	d					
		0	0	0	0					
Всього Из1	44286									

2. Зарплатня за наладку верстата I_n

$$I_n = \text{Ннал.зар} \cdot T_n$$

де Ннал.зар – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$\text{Ннал.зар} = \text{Ннал} + Z_d + C_{\text{випр}} + C_{\text{спрем}}$$

де Ннал – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{\text{випр}}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{\text{спрем}}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв.;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
2А620Ф2	$I_n =$	$N_{нал}$	T_n	DMU50	$I_n =$	$N_{нал}$	T_n
	2641,77	52,84	50		1240,53	53,94	23
2А620Ф2	$I_n =$	$N_{нал}$	T_n	Всього $I_{н2}$	1240,53		
	2641,77	52,84	50				
3-верстат	$I_n =$	$N_{нал}$	T_n				
	0,00	0,00	0				
4-ий верстат	$I_n =$	$N_{нал}$	T_n				
	0,00	0,00	0				
Всього $I_{н1}$	5283,53						

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, I_{in}

$$I_{in} = \text{Нин} \cdot T_{in.in}$$

де Нин – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

$T_{in.in}$ – час, який витрачається на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{in.in} = 1,3 \cdot t_{in} \cdot T_{\text{шт}} \cdot k_T / (T \cdot n_T)$$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;

t_{in} – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;

$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;

k_T – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

n_T – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант				
0	2A620Ф2	$I_{in} =$ 0	N_{in} 25	$T_{n.in.}$ 0	DMU50	$I_{in} =$ 1112,00	N_{in} 55,6	$T_{n.in.}$ 20,00
	2A620Ф2	$I_{in} =$ 0,00	N_{in} 31,1	$T_{n.in.}$ 0,00	Всього I_{in2}	1112,00		
	3-верстат	$I_{in} =$ 0,00	N_{in} 0	$T_{n.in.}$ 0				
	4-ий верстат	$I_{in} =$ 0,00	N_{in} 0	$T_{n.in.}$ 0				
	Всього I_{in1}	0,00						

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{пк} = K_{пк} / Z$	3-верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$ 0 0 1000		2A620Ф2	$I_{пк} = K_{пк} / Z$ 0 0 3		DMU50	$I_{пк} = K_{пк} / Z$ 766,6667 2300 3	
	4-ий верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$ 0 0 1000		2A620Ф2	$I_{пк} = K_{пк} / Z$ 0,00 0 3		Всього $I_{пк2}$	766,6666667	
				Всього $I_{пк1}$	0,00				

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань Ипр		Базовий варіант			Новий варіант			
Ипр = Кпр (1/ Z + 0,04) де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань	2А620Ф2	Ипр = 186,66667	Кпр 500	· (1/ Z + 0,04) 0,333333	DMU50	Ипр = 186,6667	Кпр 500	· (1/ Z + 0,04) 0,333
	2А620Ф2	Ипр = 186,66667	Кпр 500	· (1/ Z + 0,04) 0,333333	Всього Иит2	186,6666667		
	3-верстат	Ипр = 0	Кпр 0	· (1/ Z + 0,04) 0,333333				
	4-ий верстат	Ипр = 0	Кпр 0	· (1/ Z + 0,04) 0,333333				
	Всього Иит1	373,333333						

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$	Базовий варіант			Новий варіант		
	2А620Ф2	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12		DMU50	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12	
	2А620Ф2	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12		Всього $I_{усп2}$	0	
	3-верстат	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12				
	4-ий верстат	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12				
	Всього $I_{усп1}$	0				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання II		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_a = K_6 \cdot A$ де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається: • для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0.053 та 0.056; • для верстатів масою вище 10 т – <u>0.04 та 0.042 відповідно</u>		2A620Ф2	$I_a = K_6 \cdot A$ 93,31 2333 0,04		DMU50	$I_a = K_6 \cdot A$ 228,10 5702 0,04	
		2A620Ф2	$I_a = K_6 \cdot A$ 111,28 2782 0,04		Всього I_{a2}	228,10	
		3-верстат	$I_a = K_6 \cdot A$ 0,00 0 0				
		4-ий верстат	$I_a = K_6 \cdot A$ 0,00 0 0				
		Всього I_{a1}	204,59				

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.0ЕЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пл}$

$$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $I_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху
 • для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
 • для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Базовий варіант							Новий варіант							
2A620Ф2	$I_{пл} =$ 1698,27	$I_{пл}$ 180	$(A + A_y)$ 25,00225	γ 0	β 2,5	β 0,15	DMU50	$I_{пл} =$ 7547	$I_{пл}$ 200	$(A + A_y)$ 45	γ 0,25	β 2	β 0,42	
2A620Ф2	$I_{пл} =$ 2025,18	$I_{пл}$ 180	$(A + A_y)$ 25,00225	γ 0	β 2,5	β 0,18		Всього $I_{пл2}$		7546,73				
16K20	$I_{пл} =$ 0,00	$I_{пл}$ 0	$(A + A_y)$ 0	γ 0	β 0,00	β 0,00								
4-ий верстат	$I_{пл} =$ 0,00	$I_{пл}$ 0	$(A + A_y)$ 0	γ 0	β 0,00	β 0,00								
Всього $I_{пл1}$	3723,45													

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$$I_{сл} = I_{пл} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_н + P_{дод} + P_к)$$

Базовий варіант						
	$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$A_б$	$(P_{ст} + P_н + P_{дод} + P_к)$		
	35000	1000	7	2	2	0 1
Всього $K_{сл1}$	35000					

Новий варіант						
	$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$A_б$	$(P_{ст} + P_н + P_{дод} + P_к)$		
	35000	1000	7	1	2	1 1
Всього $K_{сл2}$	35000					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання $I_{р}$

$$I_{р} = (H_м \cdot R_м + H_е \cdot R_е) \cdot \mu \cdot \beta$$

де $H_м, H_е$ – витрати на одиницю ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
 $R_м, R_е$ – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант							Новий варіант						
2A620Ф2	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$					DMU50	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$				
	3648,1	401	51	86	43	1 0,15		15400,3	272	60	60	70	1,8 0,42
2A620Ф2	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$					Всього I_{p1}	15400,3					
	4346,8	401	51	86	43	1 0,18							
16K20	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$											
	0,0	0	0	0	0	0 0,00							
4-ий верстат	$I_p =$	$(H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$											
	0,0	0	0	0	0	0 0,00							
Всього I_{p1}	7992,0												

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК $I_{у}$

$$I_{у} = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатаванні у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
2A620Ф2	$I_y = Q \cdot \beta$ 0 0 0,15		16K20Ф3	$I_y = Q \cdot \beta$ 813,0 1950 0,42	
2A620Ф2	$I_y = Q \cdot \beta$ 0 0 0,18		Всього I_{y2}	813,0	
16K20	$I_y = Q \cdot \beta$ 0 0 0,00				
4-ий верстат	$I_y = Q \cdot \beta$ 0 0 0,00				
Всього I_{y1}	0,0				

12. Зарплатня контролера $I_{к}$

$$I_{к} = H_к \cdot T_к$$

де $H_к$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

$T_к$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{к1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{к1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
2A620Ф2	$I_k =$	H_k	T_k	DMU50	$I_k =$	H_k	T_k
	989,36	29,8	33,20		3710,1	29,8	124,5
2A620Ф2	$I_k =$	H_k	T_k	Всього I_{k1}	3710,1		
	989,36	29,8	33,20				
16K20	$I_k =$	H_k	T_k				
	0,00	29,8	0,00				
4-ий верстат	$I_k =$	H_k	T_k				
	0,00	29,8	0,00				
Всього I_{k1}	1978,72						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.0ЕЧ

Арк.

1. Балансова вартість верстата K_6

$$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$$

де Π – оптова ціна верстата, грн
 α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;
 β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_n / (\Phi_{об} \cdot \eta_p)$$

Базовий варіант					Новий варіант				
2A620Ф2	$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$				DMU50	$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$			
	2333	14050,00	1,1	0,15		5702	28800,00	1,1	0,18
2A620Ф2	$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$				Всього К62	5702			
	2782	14050,00	1,1	0,18					
3-верстат	$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$								
	0	0	1,1	0,00					
4-ий верстат	$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$								
	0	0	1,1	0,00					
Всього К61	5115								

2. Вартість приміщень, які займає верстат K_7

$$K_7 = \Pi_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $\Pi_{пл.м}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

A_y – площа, яку займають виносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант								
2A620Ф2	$K_8 = \Pi_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	5614	595	25,002	0	2,5	0,15	DMU50	$K_8 = \Pi_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	9692,55	595	45	0,25	2	0,18
2A620Ф2	$K_8 = \Pi_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	6694	595	25,002	0	2,5	0,18	Всього Км2	9692,55						
3-верстат	$K_8 = \Pi_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	0	595	0	0	0	0,00								
4-ий верстат	$K_8 = \Pi_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	0	595	0	0	0	0,00								
Всього Км1	12308														

3. Вартість службово-побутових приміщень $K_{сл}$

$$K_{сл} = \Pi_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{ход} + P_k)$$

де $\Pi_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

$A_б$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_n , $P_{ход}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант							
$K_{сл} =$	$\Pi_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{ход} +$	$P_k)$	
35000	1000	7	2	2	0	1	
Всього $K_{сл1}$	35000						
Новий варіант							
$K_{сл} =$	$\Pi_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{ход} +$	$P_k)$	
28000	1000	7	1	2	0	1	
Всього $K_{сл2}$	28000						

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{нез}$

$$K_{нез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт;

$$n'' = N_{пр} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{нез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$	9900,26	83,33	70,28	98762,25	1000	0,33
Всього $K_{сл1}$	9900					

Новий варіант						
$K_{нез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$	10840,46	83,33	70,28	100339,12	1000	0,36
Всього $K_{сл1}$	10840					

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.0ЕЧ					

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{вез} + K_{пр} + K_{л.у.}$$

де K_6 – балансова вартість верстата, грн;

$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{вез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{л.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{вез}$	$K_{пр}$	$K_{л.у.}$		
5115	12308	35000	9904	1000	0	=	63326
K_2	5702	9692,55	28000	10741	500	+	2300 = 56935,81

Приведені витрати

3_1	=	C_1	+	E_n	·	K_1
108340		98841		0,15		63326
3_2	=	C_2	+	E_n	·	K_2
106666		98126		0,15		56936

Річний економічний ефект

E	=	3_1	-	3_2
1674,2446		108340,4		106666

Висновок: Розрахунки підтверджують економічну ефективність виробництва 167424 грн. Це означає, що впровадження верстату з ЧПК доцільне.

7.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Безпека при лазерній обробці

Лазери є пристроями, що становлять підвищену небезпеку.

Хоча існують декілька факторів ризику, пов'язаних з лазерними установками, під лазерної безпекою розуміють способи захисту від факторів, пов'язаних безпосередньо з лазерним випромінюванням.

Навіть лазери самої малої потужності (кілька мілліватт) можуть становити небезпеку для зору. При попаданні в око промінь лазера фокусується в пляма дуже малих розмірів, що може за доли секунди призвести до опіків сітківки ока, часткової або повної незворотної втрати зору. Лазери більшої потужності здатні викликати ураження око навіть розсіяним випромінюванням. Пряме, а в деяких випадках і розсіяне випромінювання такого лазера здатне викликати опіки шкіри (аж до повного руйнування) і являє пожежну небезпеку.

7.2.2 Комплекс вимог з безпеки при роботі з лазерними виробами включає:

- перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- класифікацію лазерних виробів за ступенем небезпеки генерованого випромінювання;
- вимоги до конструкції лазерних виробів;
- вимоги до розміщення лазерних виробів, організації робочих місць та приміщень;
- вимоги і заходи безпеки при експлуатації та обслуговуванні лазерних виробів;
- контроль лазерної небезпеки;
- вимоги електробезпеки;
- медичний контроль.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ	

7.2.3 Небезпечні й шкідливі виробничі фактори

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори, що виникають у процесі виготовлення, випробувань і експлуатації лазерних виробів, підрозділяються на фізичні, хімічні й психофізіологічні.

До основних фізичним небезпечним і шкідливим виробничим факторам відносять:

- лазерне випромінювання (пряме, неуважне або відбите) ультрафіолетове випромінювання;
- електромагнітне випромінювання;
- іонізуюче випромінювання;
- підвищене значення напруги в електричних колах;
- підвищена температура, наприклад, внутрішніх елементів лазерного виробу, а також можливість вибухо- і пожежонебезпеки; підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищена яскравість світла;
- підвищені шум і вібрація.

До основних хімічно небезпечним і шкідливим виробничим факторам відносять:

- гази, аерозолі, рідини й тверді речовини з концентрацією, що перевищує гранично допустимі;
- продукти взаємодії лазерного випромінювання з оброблюваними матеріалами.

До основних психофізіологічних небезпечним і шкідливим виробничим факторам відносять:

- монотонію, гіпокінезію, емоційну напруженість, психологічний дискомфорт;
- локальні навантаження на м'язи й кисті передпліччя;
- напруженість аналізаторних функцій (зір, слух).

7.2.4 Класифікація лазерних виробів

Класифікація по ступеню небезпеки генеруемого випромінювання

Лазерні вироби залежно від генеруемого випромінювання підрозділяються на чотири класи небезпеки.

Клас 1. Лазерні вироби безпечні при передбачуваних умовах експлуатації.

Клас 2. Лазерні вироби, що генерують видиме випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 400 до 700 Нм. Захист очей забезпечується природніми реакціями, включаючи рефлекс миготіння.

Клас 3А. Лазерні вироби безпечні для спостереження незахищеним оком. Для лазерних виробів, що генерують випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 400 до 700 Нм, захист забезпечується природніми реакціями, включаючи рефлекс миготіння.

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для інших довжин хвиль небезпека для незахищеного ока не більше чому для класу 1.

Безпосереднє спостереження пучка, що випускається лазерними виробами класу 3А за допомогою оптичних інструментів (наприклад, бінокль, телескоп, мікроскоп), може бути небезпечним.

Клас 3В. Безпосереднє спостереження таких лазерних виробів завжди небезпечно. Видиме неухвалене випромінювання звичайне безпечно.

Примітка - Умови безпечного спостереження дифузійного відбиття для лазерних виробів класу 3У в видимій області: мінімальна відстань для спостереження між оком і екраном - 13 див, максимальний час спостереження – 10 с.

Клас 4. Лазерні вироби, що створюють небезпечне неухвалене випромінювання. Вони когуч викликати поразка шкіри, а також створити небезпеку пожежі. При їхнім використанні слід дотримуватися особливу обережності

7.2.5 Захисні пристрої й блокування

Лазерний виріб повинний мати захисні пристрої, що запобігають несанкціонований вплив на персонал лазерного випромінювання, що перевищує ДПІ для класу 1, а також захисні блокування з метою забезпечення безпеки при технічному обслуговуванні й роботі.

Захисні блокування повинні передбачати відключення подачі опарної електричної напруги до лазерного виробу або його складових частин. Можливість генерування лазерного випромінювання при випадковому відключенні блокіровок повинна бути виключена.

Будь-яка частина захисного пристрою, при знятті або зсуві якої можливий доступ персоналу до лазерного випромінювання з рівнем вище ДПІ для класу 1, повинна мати табличку з написом: "Увага! При відкриванні - лазерне випромінювання".

Крім того, залежно від класу небезпеки лазерного виробу таблички повинні мати додатково написи:

а) якщо рівень лазерного випромінювання не перевищує ДПІ для класу 2: "Не дивитися в пучок";

б) якщо рівень лазерного випромінювання не перевищує ДПІ для класу 3А: "Не дивитися в пучок і не спостерігати безпосередньо за допомогою оптичних інструментів";

в) якщо рівень лазерного випромінювання не перевищує ДПІ для класу 3В: "Уникати опромінення пучком";

г) якщо рівень лазерного випромінювання перевищує ДПІ для класу 3В: "Уникати опромінення очей або шкіри прямим або неухваленим випромінюванням".

7.2.6 Пристрої попередження лазерної небезпеки

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Лазерні вироби класів 3А, 3У и 4 повинні мати візуальні й (або) звукове пристрою попередження про лазерну небезпеку.

Візуальний пристрій попередження лазерної небезпеки слід розташовувати окремо від засобів передачі інших світлових сигналів. Візуальний попереджувальний сигнал повинен відрізнятися інтенсивністю й (або) переривчастістю світіння (частота миготіння 3-5 Гц і тривалість сигналу не менш 0,2 с) і бути добре видний через захисні окуляри.

Звуковий пристрій повинний привертати увагу персоналу шляхом подачі переривчастих добре розпізнаваних сигналів, що асоціюються тільки з лазерним випромінюванням. Тривалість звукового імпульсу - не менш 0,2 с.

Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу проведена на основі атестації робочого місця і наведена в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу

№	Фактори виробничого середовища	Норм. знач.	Фактич. значен.	Шкідливі і небезпечні умови			Трив. дії фактора
				I ст	II ст	III ст	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шкідливі хімічні речовини	6,0	19,6			в 3,27 р вище	91,1
2	Пил переважно фіброгенної дії						
3	Вібрація						
4	Шум	80	100		на 20дБ вище		
5	Інфразвук						
6	Ультразвук						
7	Неіонізуючі випромінювання						
8	Мікроклімат у приміщенні температура, °C швидкість руху, м/сек відносна вологість повітря, %	20±2 40-70 не > 0,4	15 68 0,16				

Продовження таблиці 7.1							
1	2	3	4	5	6	7	8
9	Температура зовнішнього повітря (під час роботи на відкр.повітрі), °С						
10	Біологічні фактори						
11	Важкість праці: Динамічна робота – маса піднімання і переміщення вантажу, кг	до 30	10				
12	Робоча поза (нахили тулубу, вимушена поза)		20-70	20			до 100 % зміни
13	Напруженість праці – тривалість зосередження (% до тривалості зміни)	75	82	82			до 75% зміни
14	Напруженість аналізаторних функцій зору	Середня точність	Середня точність				ДБН В.2.5-28-2006
15	Змінність						
	Кількість факторів			2	1	1	

Умови та характер праці відносяться до III класу. На робочому місці встановлено 1 фактор III ст., 1 фактор II ст., 2 фактори I ст. відхилення від норм. Доплати 12%, додаткова відпустка 14 календарних днів. Технічний та організаційний рівні відповідають характеру роботи, що виконується.

Висновки: Розроблені у дані роботі заходи щодо поліпшення умов праці, які можуть бути впровадженні у виробничі умови, дозволять покращити умови праці, будуть сприяти підвищенню продуктивності праці, зниженню собівартості продукції, що виготовляється, зменшенню витрат на оплату листів непрацездатності і компенсацій за виробничі травми.

					КНУ.КМР.131.25.2-01. 07.ОЕЧ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній магістерській роботі була розглянута черв'ячний вузол кліті непривідної, яка встановлюється між клітями ПКВ6 і ПКГ7 чорнової групи стана МПС 250/150-6 та виконує функцію регулювання відстані між бандажами у межах 40 см за допомогою натискного обладнання, що входить до складу непривідної кліті прокатного стану та деталь «Уловлювач» що є складовою частиною кліті непривідної прокатного стану. Проведено проектування технологічного процесу складання черв'ячного вузла кліті непривідної, визначена точність складання розрахунком лінійних та кутових розмірних ланцюгів. Розроблена послідовність складання.

При розробці нового технологічного процесу на основі заводського та техніко-економічного обґрунтування були прийняті зміни у вигляді: заміна двох верстатів на фрезерній операції 005, базового варіанту горизонтально-розточного верстат 2А620Ф2 на фрезерний верстат з ЧПК DMU 50, що дозволило зменшити затрати часу на операціях, а також дало можливість об'єднання декількох окремих операцій в одну та виключити з технологічного процесу таку операцію, як розміточна. Розроблений маршрут обробки, послідовність технологічних операцій, приведені розрахунки міжопераційних діаметральних та лінійних розмірів та припусків на обробку, розрахунок режимів різання та норм часу.

Виконано розробку технологічного процесу механічної обробки деталі «Уловлювач». На фрезерну операцію розроблене верстатно-інструментальне налагодження для обробки на універсально фрезерному верстаті з ЧПК DMU 50.

Було розроблено верстатне пристосування для фрезерної операції 005 установ А та контрольно-вимірювальне пристосування для вимірювання співвісності двох отворів деталі. Було розглянуто застосування нових технологій ремонту з застосування зносостійких покриттів. Були проаналізовані три способи наплавлення: Плазмове наплавлення та напилення, Електронно-променеве наплавлення, Лазерне наплавлення та напилення. Запропоновані режими для лазерної наплавки деталі.

Було розроблено наскрізне проектування деталі «Уловлювач» за допомогою CAD/CAM/CAE технологій. Техніко-економічне обґрунтування на основі прийнятих змін у заводському технологічному процесі показало зменшення собівартості виготовлення деталі. Наведені загальні рекомендації і заходи для безпечної роботи з лазерами установками.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.В					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ВИСНОВКИ					
Розроб.	Літаш									
Перевір.	Пиливкін									
Реценз.										
Н. Контр.	Нечаєв									
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ група ПМ-24м					
					Лім.		Арк.		Арк.шіт	
							1.1		19	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 3.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
- 4.Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024
5. ДСТУ 8781:2018 Відливки сталеві. Загальні технічні умови
6. <http://www.cimco.com//>
7. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
- 8.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
- 9.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
10. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024
- 11.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
- 12.Кіянковський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 13.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
16. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
17. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,

576

с.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.СВД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Літаш				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда							Аркушів
Реценз.							1	1
Н. Контр.	Нечаяв						Кафедра ТМ група ПМ-24м	
Затверд.	Рязанцев							

18.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.

19.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.

21. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.

22.А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.

23.Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.

24. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.

25.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412с.

26.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

27.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

28.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.

29.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

30.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

31.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

32.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

33.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

34.Прохоренко В.П. SolidWorks. Практичне керівництво — М.: ВАТ Біном-Прес, 2004 - 448 с.: іл.

35.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Додаток

АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

Дубл.																
Взам.																
Подл.																
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
													Листов	Лист		
Розроб.																
Перев																
Согласов.																
Т. контр.																
Н. Контр.																

«Затверджую»

Зав. кафедрою технології машинобудування

_____ (Рязанцев А.О.)

«__» _____ 2025 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі корпус

Узгоджено:

Керівник _____ Цивінда Н.І. _____ (_____)

Розробник _____ Літаш І.М. _____ (_____)

Н.контроль _____ Нечаєв В.П. _____ (_____)

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

на тему: Проектування інноваційної технології в ремонтному
виробництві механізму кліті непривідної прокатного стану для ПАТ
Арселор Міттал Кривий Ріг

Виконав:

ст. групи ПМ-24м _____

Літаш І.М.

Керівник роботи

к.т.н, доцент

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

к.н.т., доцент

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

Рязанцев А.О.

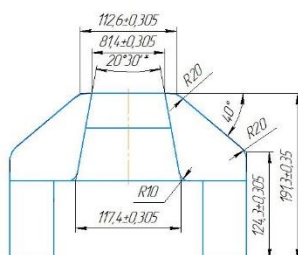
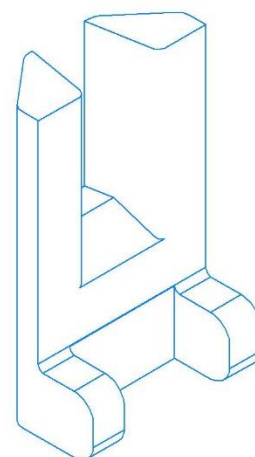
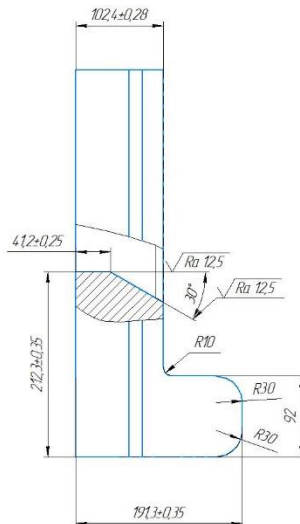
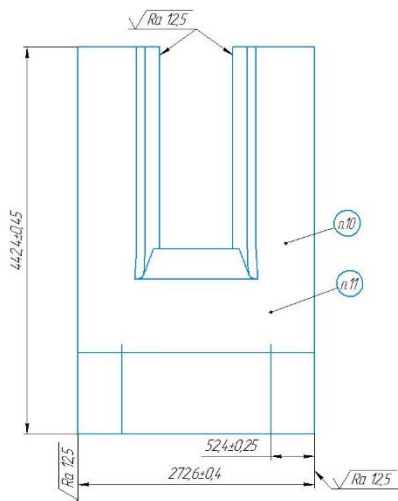
Кривий Ріг
2025 р.

№ ряда	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1					
2					
3					
4					
5			Графічні матеріали		
6					
7	A1	КНУ.КНУ.131.25.2-01.ЧВК.2D	Черв'ячний вузол непривідної кліті (складальне креслення)	1	
8	A2	КНУ.КНУ.131.25.2-01.У.2D	Уловлювач	1	
9	A2	КНУ. КНУ.131.25.2-01.УВ.2D	Уловлювач (виливка)	1	
10	A0	КНУ. КНУ.131.25.2-01.ВІН.2D	Верстатно- інструментальне налагодження	1	
11	A1	КНУ. КНУ.131.25.2-01.ВП.2D	Верстатне пристосування	1	
12	A2	КНУ. КНУ.131.25.2-01.КП.2D	Контрольне пристосування	1	

					КНУ.КМР.131.25.2-01.ВІЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.	ВІДОМІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО	Літ.	Арк.	Арк.вищів
Розроб	Літани						1	12
Перевір	Пшвінда					Кафедра ТМ группа ЗПМ-24м		
Реценз								
Н. Контр	Нечася							
Затверд.	Рязонцев							

КНУ.КМР.131.25.2-01.9В.20.30

Ra 50 (✓)



- Виливок і групи складності.
- Матеріал зазначено на Сталь 40Л, 30Л ДСТУ 8781:2018.
- Відпалити (до 220НВ).
- Точність виливка 6-6-2 ДСТУ 26645-85.
- Граничне відхилення зварювання ±0,4 мм.
- Верхнє граничне відхилення маси 1%.
- Невказані ліварні радіуси R- 5-30 мм.
- Невказані фасувальні кути за ДСТУ 8781:2018.
- Радіуси на оброблених поверхнях не допускаються.
- Мажувати.
- Місце для зачисту твердості.
- Контролювати 15% заготовок.

					КНУ.КМР.131.25.2-01.9В.20.30				
Вид	Вид	№ докум.	Підп.	Дата	Уловлювач				
Розроб.	Лист				Авт	Маск	Максим		
Проф.	Лист					63.02	125		
Лист	Лист				Авт	Лист	Лист		
Лист	Лист				Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018				
Лист	Лист				Кордону ТМ групи 3ТМ-24м				

№ операції	1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст перехайдів	Ескіз	Верстатне пристосування Інструмент	Режими різання							Норми часу				
				QВ	L	t	S	V	n	i	T _{оп}	T _{шт}			
				мм	мм	мм	мм/зб	м/хв	об/хв	шт	хв	хв			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
0,05	Фрезерна з ЧПК Верстат Фрезерний мод. ОМУ 50 1. Встановити 2. Закріпити 3. Фрезерувати поверхні 1,2,3 начерно по кресленні програми	Установка А	Верстатне пристосування Стіл верстата Тиски 7002-0021 ДСТУ ГОСТ 14.904-80 Інструмент Фреза кінцева A36-25P1C50-1063, 1030 Sandvik Coromant	566	441	13	0,17	218	3330	1	3				
		Установка Б										3			
		Загальний час													
0,05	4.Перевстановити і закріпити 5. Фрезерувати поверхні 4-14 начерно по кресленні програми 7. Фрезерувати поверхню 6 8. Фрезерувати поверхню 5 9. Фрезерувати поверхню 6 10. Фрезерувати поверхню 8 11. Фрезерувати поверхню 9 12. Фрезерувати поверхню 10 13. Фрезерувати поверхню 11 14. Фрезерувати поверхню 11 15. Свердлити отвори 15, 16, 17 по кресленні програми 17. Свердлити отвори 15 18. Свердлити отвори 16 19. Свердлити отвори 17		Інструмент Фреза кінцева A36-25P1C50-1063, 1030 Sandvik Coromant Фреза кінцева P340-1800-XB 1640 Sandvik Coromant Фреза кінцева P340-2000-PA 1630 Sandvik Coromant Інструменти Свердло 8611-1300-8641-01 B34 Sandvik Coromant Свердло зі зміною пластини 880-05 000 402-02 880-05 000 402-02 880-05 000 402-02 Sandvik Coromant Ріжуча пластинка периферійна 880-05 000 402-02 880-05 000 402-02 880-05 000 402-02 Ріжуча пластинка центральна 880-05 000 402-02 880-05 000 402-02 880-05 000 402-02	93	100	14	0,17	218	3360	1	0,159				
			270	34,9	12	0,3	138	2780	1	0,477					
			92	90	11	0,187	204	320	1	0,134					
			90	230	7,14	0,18	207	2600	7	3,456					
			92	170	7,5	0,102	130	2390	2	1,366					
			40	65	8,75	0,111	176	2800	4	1,06					
			93	230	13	0,175	203	3170	1	0,354					
			120	180	12	0,178	201	3380	1	0,108					
			S мм/об												
			13	14,0	14,0	0,248	84,2	2060	1	0,334					
			60	83	83	0,106	210	1110	1	1,302					
			51	50	50	0,18	177	1100	1	0,527					
Загальний час											14,46	21835			

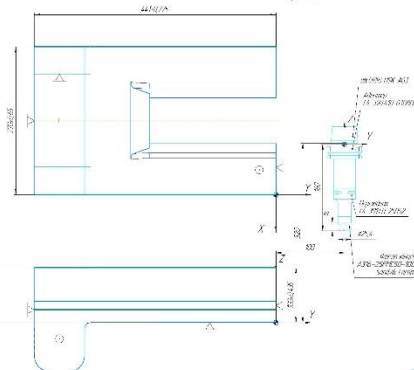
							Лист
Вид	Вид	№ докум.	Підп.	Дата			
Кордонування					Формат А2		



Загальний вигляд верстату DMU 50

005 Фрезерена верстат мод. DMU50

Установ А

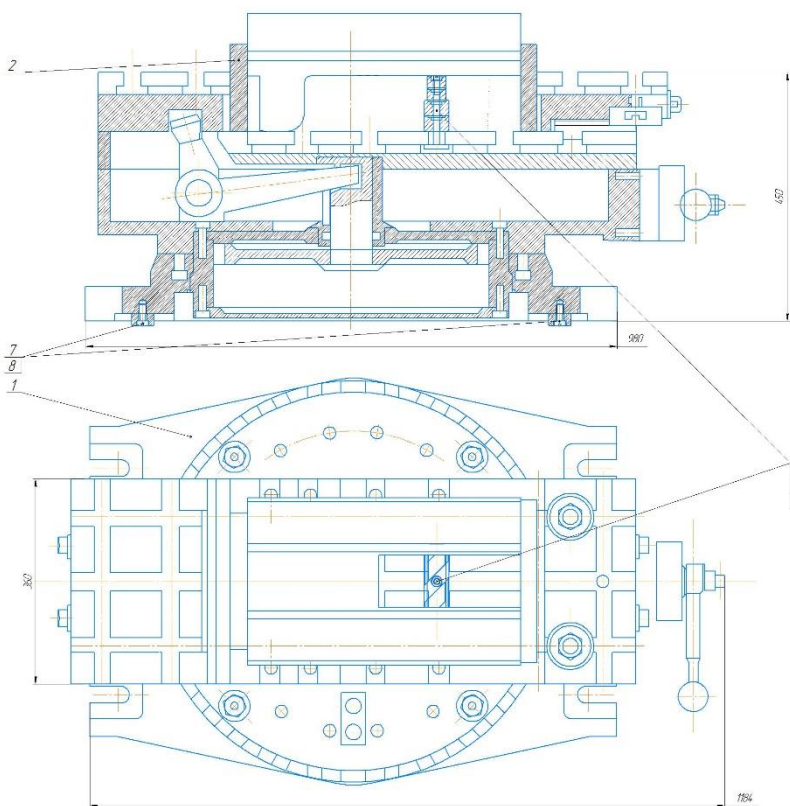
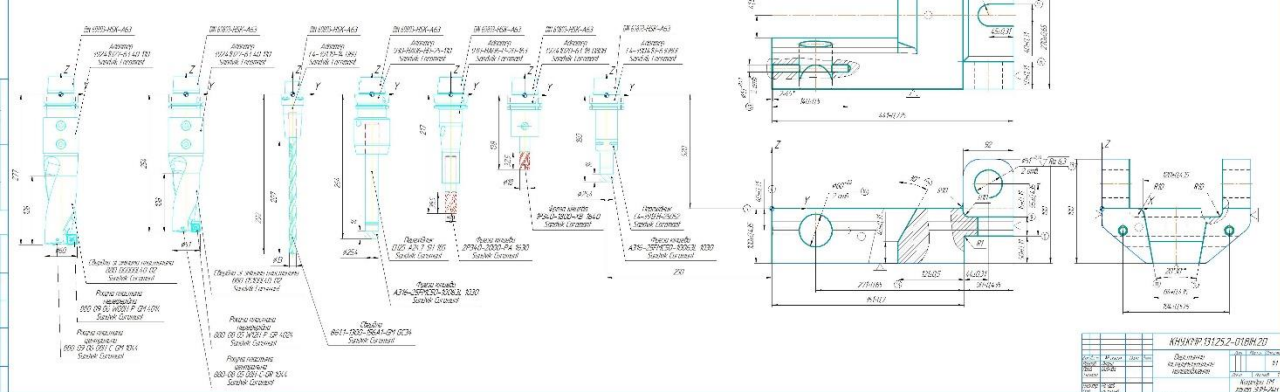


005 Фрезерена Установ А							
Наименование инструмента	Объем	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м	6 м
А178-20000-00000-00000	17.1	13	107	207	3200	1	2

005 Фрезерена Установ Б							
Наименование инструмента	Объем	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м	6 м
А178-20000-00000-00000	4	24	1157	199	1907	1	0.88
А178-20000-00000-00000	1	27	11	187	17007	1	0.077
А178-20000-00000-00000	6.7	15	1107	194	1191	1	0.194
А178-20000-00000-00000	8	18	1106	191	18027	1	0.18
А178-20000-00000-00000	9	25	1202	191	12002	2	1.008
А178-20000-00000-00000	31	670	1107	170	18002	6	1.01
А178-20000-00000-00000	112	11	1115	188	1101	1	0.194
А178-20000-00000-00000	11.4	12	1110	188	1101	1	0.191
А178-20000-00000-00000	8	10	1110	188	1101	1	0.18
А178-20000-00000-00000	8	11	1110	188	1101	1	0.187
А178-20000-00000-00000	11	11	1110	188	1101	1	0.187

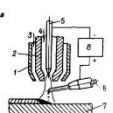
005 Фрезерена верстат мод. DMU50

Установ Б

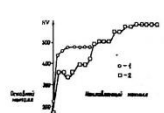
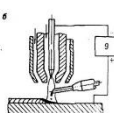


Код	Объем	Наименование	З	П
1	1	Детали и материалы		
4	1	Детали		
7	1	Детали и материалы		
8	1	Детали и материалы		
9	1	Детали и материалы		
10	1	Детали и материалы		
11	1	Детали и материалы		
12	1	Детали и материалы		

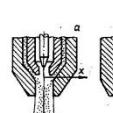
Класифікація способів надання



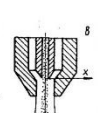
Принципной схеме плазмового выжигателя с
вытягиванием одного электрического (а) и присадочного (б) дробу:
1 - зажимное сопло; 2 - плазмовыжигательное сопло; 3 - зажимный газ;
4 - плазмовыжигательный газ; 5 - электрод; 6 - дробь; 7 - выхлопной
канал.



Розширення тиреоїди HIV у інтерлейдіній зоні:
1 - плазмоза-гормонального мікроаналізу;
2 - лінійного аналізу мікроаналізу (показує мікроаналіз)

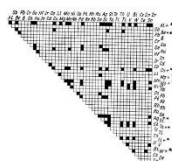


Слени шедени шорашу в дугу при
пладово-дережжеволу жиплазеном

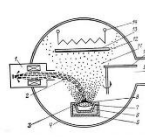


Марка порошка	Массовая доля элемента, %							Твердость по Бринеллю, HB0,05
	C	Cr	Fe	Si	Co	W	B	
ПГ-CP2	0,0	13,5	2,5	<0,0	Остаток	<1	1,8	35-42
ПГ-CP3	0,0	15,0	3,0	<0,0	Остаток	<1	2,4	45-52
ПГ-CP4	0,0	16,5	3,5	<0,0	Остаток	<1	3,3	55-60
ПГ-Н17X15C-IP2	0,4	15,0	3,0	<0,0	Остаток	<1	2,1	35-43
ПГ-Н17X16C-IP3	0,5	16,0	3,2	<0,0	Остаток	<1	2,5	45-53
ПГ-Н17X15C-CP4	0,0	17,0	4,0	<0,0	Остаток	<1	3,8	55-62
ПГ-Н18X17C-IP3	0,4	21,0	4,5	<0,0	Остаток	<1	3,1	40-46
ПГ-Н18X17C-CP4	0,0	21,0	4,5	<0,0	Остаток	<1	3,5	45-52
ПГ-Н18X18C-IP3	1,2	10,0	2,2	<0,0	<0,0	Остаток	4,5	38-44
ПГ-К5XK30C0C (ВК6)	1,5	16,0	3,5	<0,0	<2,0	Остаток	4,5	42-47
ПГ-К5XK30C0C	1,5	16,0	3,5	<0,0	<2,0	Остаток	4,5	42-47
ПГ-А1D3	1,5	25,0	10,0	<0,0	<10,0	Остаток	12,0	82-87
ПГ-А1D3	1,5	25,0	10,0	<0,0	<10,0	Остаток	12,0	82-87

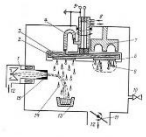
Хімічний склад порошків складає на основі нікілю і кобальту



Метали і металокерамічні композиції,
які з'єднуються з використанням електронного променя



Принцип электроно-эмиттентного лазера: 1 - электроны; 2 - электронный пучок; 3 - поверхность, где бомбардируется пучком; 4 - электрод технологической камеры; 5 - водородоплазменный ингибитор; 6 - материал, что испаряется; 7 - разлетающиеся частицы материала; 8 - поверхность лазера; 9 - до вакуумной системы; 10 - лазерная выпаривающая; 11 - поток паров; 12 - шир.; 13 - ингибитор; 14 - ингибиторные слои.



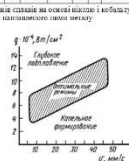
Устройства для термического боя (пошагового плавления) в
двухстороннем вращении шайб, электропривод с ременным
передачей и электродвигателем (с электродвигателем) - 1 шт.
2 - шайбы; 3 - поворотная тарелка; 4 - водный резистор;
5 - электродвигатель для вращения шайбы (400-800 В, 10 А
всасывающего типа); 6 - водородоходный; 7 - шланг;
8 - экран; 9 - лент; 10 - водный, парусный; 11 - дрель;
вакуумная система; 12 - дозатор; 13 - пилы; 14 - лоп;
15 - шланг системы для подачи газа.



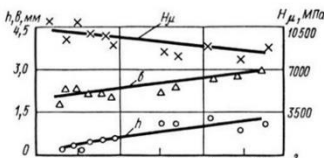
Шляхерне лазерне напівпровідникове



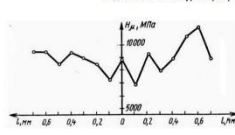
Схема формирования единичного падежа при
оплавлении эпоксидного покрытия:
1-вигерания заливывания;
2-закрепление порошка в розливах



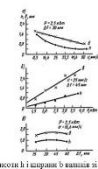
Рівні області формування випалюваних шарів за лазерного опалювання шлікуемого покриття товщиною 1 мм



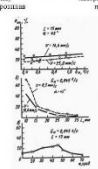
Затяжність плоскості b , ширини b і мікротвердості зон оплавлення від питомої енергії E_s при лазерному обробленні індульгенового покриття з покриттям ГГ-ХІІІОС/РЗ зразком 1 мм



Зміна міцності при розтягу двох смуг, отриманих опалюванням
напалевкою в іншецькому лісництві



Загальність висоти h і ширини b виміряні зі шкалою III-CP2 від параметрів талерного напівзакладення:
 a – ширини розрізання;
 b – потужності випромінювання;
 v – ступінь розфокусування напівзакладення.
 Параметри подачі порошку постійні: GII – 0,845 г/с, L – 15 мм, α – 45°



Залежність коефіцієнта використання порошку при нагнітанні сумішю ПГ-Р2 на плоскі сталі зразки від параметрів подачі порошку: а-масової витрати; б-відстані подачі; в-швидкості подачі.

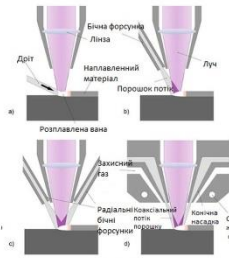


Схема подання матеріалу у зону лазерного наплавлення



© 2002 Blackwell Science Ltd, *Journal of Internal Medicine* 252: 101–108

Режим оборота	Энергия, при потужності випроменювання, кВт				
V, мм/сек при $\Delta t = 30$ мс	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
8,3	0,01	0,022	0,02	-	0,04
16,6	0,02	0,15	0,07	0,098	0,09
25,0	0,037	0,09	0,15	0,017	0,11
33,3	0,020	0,05	0,107	0,037	0,06
41,6	-	0,14	0,15	0,04	0,18
50,0	-	0,175	0,15	0,07	0,28
Δt , мкс при $V = 16,6$ мм/сек					
15	0,034	0,056	0,055	0,025	0,15
30	0,02	0,15	0,07	0,048	0,09
45	-	0,041	0,09	-	-
60	-	0,01	0,01	-	0,07

Залежність коефіцієнта перемішування від параметра закладеності

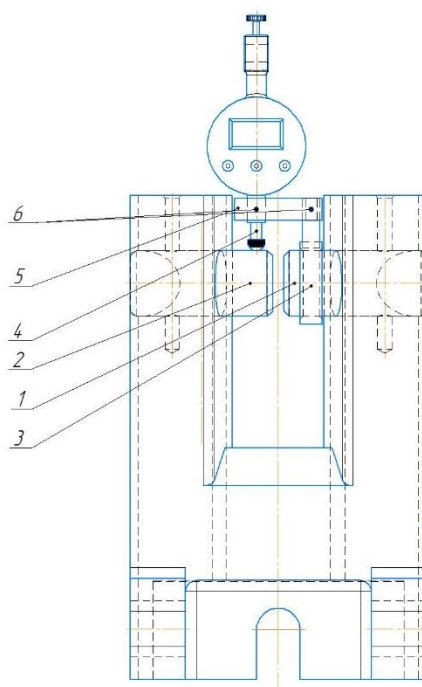
V, m/s	Изменение $R_{\text{кр}}$ при параметрах: радиусов кривизны $R_0 = 0,845/R_0$, $L = 15$ км, $\alpha = 45^\circ$											
	P = 2,5 мПа						P = 2,5 мПа					
	всн		наутр		всн		наутр		всн		наутр	
	$\Delta t = 30$ мин		$\Delta t = 30$ мин		$\Delta t = 30$ мин		$\Delta t = 30$ мин		$\Delta t = 30$ мин		$\Delta t = 45$ мин	
50	19	26,5	13,7	29	17,5	27,5	8,7	29,8				
100	15	30,5	11,8	39,5	21	37	8,7	29,8				
150	14,5	20,5	14,1	25	17,5	30	7,9	28,4				
200	16	30,5	4,2	29,5	17	29,5	6,9	29				
250	8	26,5	1,9	14,2	12,1	19,5	6,5	30,6				
300	1,7	17,9	-	11,5	6,8	4,4	5,1	17,2				

Intervista: KRÖSLE moderatore, ANTONIUSSEN

V_f , мм/с	Значения $K_{\text{из}}$, %, при наплавке на различной глубине диаметром 35 мм	
	$P = 7$ кВт	$P = 2,5$ кВт
8,3	18,5	16,0
16,6	33,5	16,0
25,0	30,5	9,0
33,3	2,2	4,0
41,6	—	4,7

Залежність КВН від параметрів режиму наплавлення шліхетних поверхонь

KHYKMP.13125.2-01K17.20



Код	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Детали		
1		Оправка	1	
2		Оправка	1	
3		Клинья крашители	1	
4		Допыток электродов	1	
6		Триггер крашители	1	
		Стандартные изделия		
7		Пом. АМ-695 ДСТ/ОСТ 1071-93	2	

КНЧКМР.131.25.2-01КП.20

Контрольне пристосування

Лист	Масса	Мощность
	56,19	12
Лист	Листов	1
Кафедра ТМ		
группа ЗТМ-24м		
Формат А2		

Κατηγορία