

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: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД з використанням САД/САМ систем

Виконав: магістрант
групи ЗПМ-24м
Яців К.С.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД з використанням САД/САМ систем

Виконав здобувач гр. ЗПМ-24м

(підпис)

Яців К.С.

Керівник КБР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

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**

Магістранта гр. ЗПМ-24м Яців Катерини Сергіївни

1. Тема: Розробка інноваційних процесів конструкторсько - технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД з використанням CAD/CAM систем

Керівник проекту: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № 555с від «28» 07.2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи 18.11.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Вал». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Розробка та узгодження технічного завдання. 2. Проектування технологічного процесу складання. 3. Технологічна підготовка виробництва виробу. 4. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5. Конструкторська підготовка виробництва. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7. Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал. 2. Ротор. 3. Верстатне пристосування. 4. Вал (штампування). 5. Інструментальне налагодження на верстат ОЕМ СК61100. 6. Контрольне пристосування. 7. Наукова частина. 8. План механоскладальної ділянки.

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 Розробка та узгодження технічного завдання	15.09.2025
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	18.09.2025
1.2 Службове призначення виробу	23.09.2025
2 Проектування технологічного процесу складання	26.09.2025
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2025
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	03.10.2025
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2025
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	17.10.2025
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2025
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2025
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2025
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2025
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпечності життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	14.11.2025
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2025
Висновки	17.11.2025
Додатки	18.11.2025
Попередній захист	09.12.2025

Дата видачі завдання: « 12 » 09 2025 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи

_____ /Рязанцев А.О./

Завдання отримав
Магістрант

_____ /Яців К.С./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КМР містить: стор. 84, рисунків 72, таблиці 18, 8 листів графічної частини.

Мета роботи: Розробка та науково-технічне обґрунтування інноваційного комплексу конструкторських і технологічних процесів виготовлення деталі «Вал» ротора компресора С-102 ЦВД на основі інтеграції сучасних систем CAD/CAM.

Об'єкт дослідження: процес проектування технологічної підготовки та виготовлення деталі «Вал».

Предмет дослідження: Інноваційні процеси конструкторсько-технологічної підготовки виробництва та їх вплив на техніко-економічні показники виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД при використанні CAD/CAM систем.

Для успішного вирішення поставленого завдання та забезпечення високої ефективності виготовлення деталі «Вал» було застосовано комплекс сучасних CAD/CAM/CAE-систем на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва.

ВАЛ, КОМПРЕСОР, ПРОЕКТУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

ABSTRACT

The explanatory note to the QMT contains: pages 84, figures 72, tables 18, and a sheet 8 of graphic material.

Purpose of the work: Development and scientific and technical justification of an innovative complex of design and technological processes for manufacturing the 'Shaft' part of the C-102 CVD compressor rotor based on the integration of modern CAD/CAM systems.

Object of research: the process of designing the technological preparation and manufacture of the 'Shaft' part.

Subject of research: Innovative processes of design and technological preparation of production and their impact on the technical and economic indicators of manufacturing the 'Shaft' part of the C-102 CVD compressor rotor using CAD/CAM systems.

To successfully solve the task and ensure high efficiency in the manufacture of the 'Shaft' part, a set of modern CAD/CAM/CAE systems was used at the stages of design and technological preparation of production.

SHAFT, COMPRESSOR, DESIGN, TECHNOLOGICAL

					КНУ.КМР.131.25.2-03.Р				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Яців				Реферат				
Перевір.	Рязанцев								
Н. Контр.	Нечасів								
Затверд.	Рязанцев				Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м				
					Літ.	Арк.	Аркуші		
						11			

7
ЗМІСТ

Вступ	8
1 Розробка та узгодження технічного завдання	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	12
2 Проектування технологічного процесу складання	13
2.1 Службове призначення виробу	13
2.2 Розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів	13
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	18
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	18
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	26
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	44
4.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	44
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	46
4.3 Вибір ріжучого та допоміжного інструменту	49
5 Конструкторська підготовка виробництва	58
5.1 Проектування верстатного оснащення	58
5.2 Проектування контрольного оснащення	61
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	64
6.1 Формування вихідних параметрів робочої ділянки	64
6.2 Охорона праці та екологія виробництва при куванні та штампуванні	67
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	69
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	74
Висновки	84
Список використаних джерел	85
Додатки	86

					КНУ.КМР.131.25.2-03.3						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Яців			Зміст			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Рязанцев								11	
								Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м			
Н. Контр.		Нечасів									
Затверд.		Рязанцев									

8
ВСТУП

Сучасне енергетичне машинобудування висуває надзвичайно високі вимоги до якості, точності та надійності відповідальних деталей, що працюють в умовах високих навантажень і температур. Деталь «Вал» ротора компресора високого тиску (ЦВД) С-102 є ключовим елементом турбоагрегату, і її ресурс безпосередньо визначає безпеку та ефективність всієї установки.

Традиційні методи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва часто характеризуються тривалим циклом, високим ризиком помилок при переході від креслення до керуючої програми, а також складністю оптимізації складних траєкторій обробки. Впровадження інноваційних CAD/CAM-систем стає необхідною умовою для підвищення конкурентоспроможності та досягнення світового рівня якості у виготовленні таких надзвичайно важливих деталей.

Актуальність теми обумовлена необхідністю скорочення термінів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, мінімізації виробничих дефектів і підвищення точності механічної обробки складних поверхонь вала шляхом переходу до наскрізного цифрового проектування і технологічної підготовки.

					КНУ.КМР.131.25.2-03.В				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Яців				Вступ	Літ.	Арк.	Аркушіє	
Перевір.	Рязанцев						11		
						Каф. ТМ			
Н. Контр.	Нечасєв					гр. ЗПМ-24м			
Затверд.	Рязанцев								

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Початковими даними для розробки інноваційних процесів конструкторсько - технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД з використанням CAD/CAM систем були креслення деталі (рисунок №1.1) та складальний вузол ротору компресора С-102 ЦВД (рисунок №1.2), програмою випуску є 10 штук.

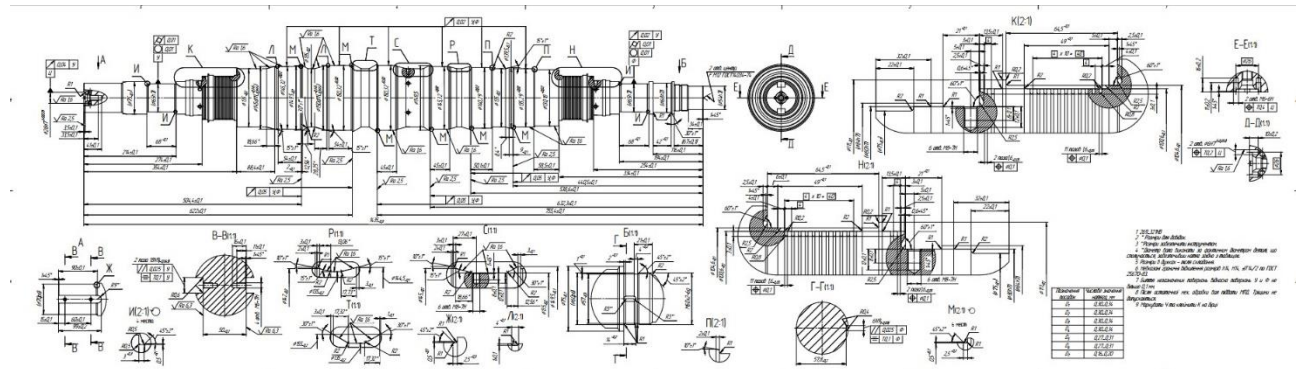


Рисунок 1.1 – креслення деталі вал

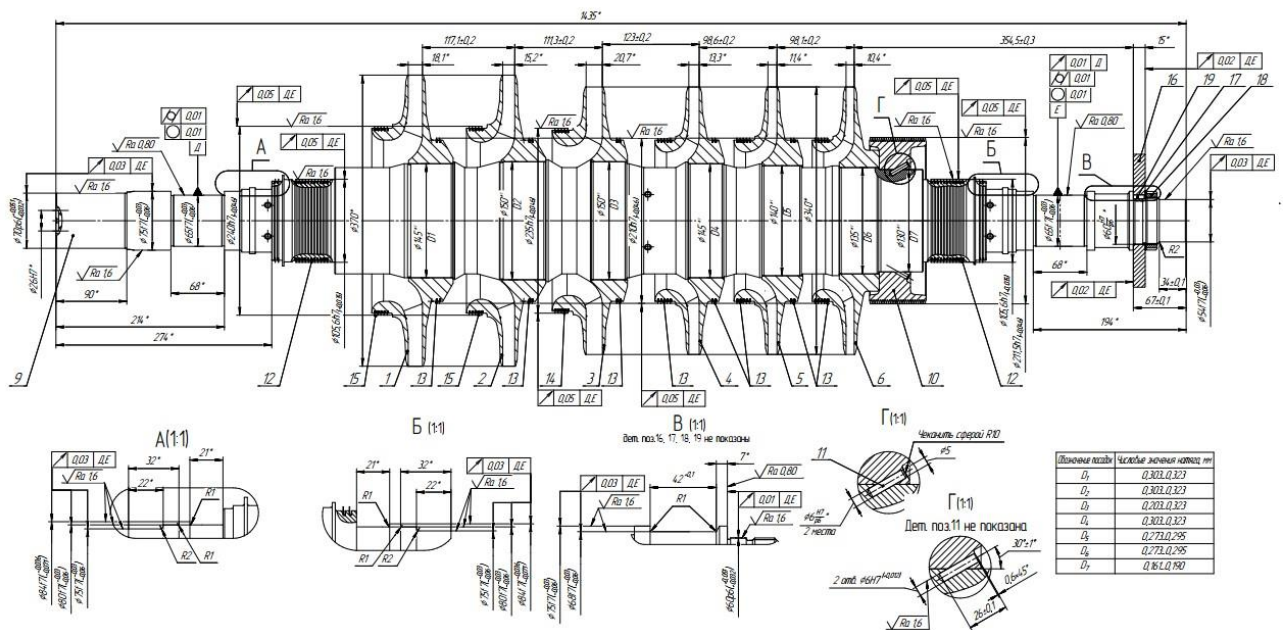


Рисунок 1.2 – Креслення вузла ротора С-102 ЦВД

КНУ.КМР.131.25.2-03.01.РЧТЗ					Літ.		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аркуші		
Розроб.	Яціб				11		
Перевір.	Рязанцев				Каф. ТМ		
Н. Контр.	Нечасів				гр. ЗПМ-24м		
Затверд.	Рязанцев						



Рисунок 1.3 – Фото вузла ротора С-102 ЦВД

Об'єктом дослідження є процеси конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротора компресора С-102 ЦВД.

Предметом дослідження є сукупність методів, засобів та алгоритмів, спрямованих на вдосконалення процесів конструкторського проектування та технологічної підготовки виробництва деталі «Вал» ротора компресора С-102 ЦВД. Особлива увага приділяється інтеграції та ефективному використанню сучасних CAD/CAM систем для забезпечення автоматизації, оптимізації та підвищення якості всіх етапів створення деталі — від розробки тривимірної моделі до генерації керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Метою цього дослідження є розробка та обґрунтування інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротора компресора С-102 ЦВД з використанням сучасних CAD/CAM систем. Це включає оптимізацію етапів проектування, технологічної підготовки виробництва та програмування верстатів з ЧПК для підвищення ефективності, точності та скорочення термінів виготовлення деталі.

Завдання дослідження:

- Обґрунтувати вибір оптимальних CAD/CAM рішень, враховуючи специфіку деталі, вимоги до точності, наявне обладнання та економічну доцільність;
- Створити точну параметричну 3D-модель деталі «Вал» в обраній CAD-системі з урахуванням всіх геометричних параметрів, допусків;
- Розробити інноваційні технологічні процеси виготовлення деталі «Вал» з використанням обраної CAM-системи, включаючи вибір інструменту, режимів різання;
- Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованих рішень.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Вал входить до збірки і є однією із основних деталей компресора ЦВД С-102.

У компресорі ЦВД вал виконує ключову функцію передачі обертового руху від двигуна до поршнів, забезпечуючи процес стиснення повітря. Він є центральним елементом механізму, що перетворює обертальний рух на зворотно-поступальний рух поршнів усередині циліндрів.

Компресор - одним із найбільш затребуваних пристроїв для подачі стисненого повітря у великому об'ємі за необхідного тиску. Конструкція розрахована на виробництво повітря в безперервному режимі в будь-якій необхідній кількості, тому основні сфери використання відцентрових компресорів пов'язані з багатьма галузями економіки та промисловості.

Універсальність і надійність у поєднанні з ретельно розробленою конструкцією компресорів цього типу дає змогу використовувати їх на тисячах підприємств по всій країні.

До основних переваг обладнання відносять:

- високу продуктивність;
- відсутність мастила в стисненому повітрі;
- безпеку в роботі;
- тривалий термін служби;
- мінімальний рівень шуму в роботі;
- компактні розміри;
- можливість тривалої безперервної роботи тощо

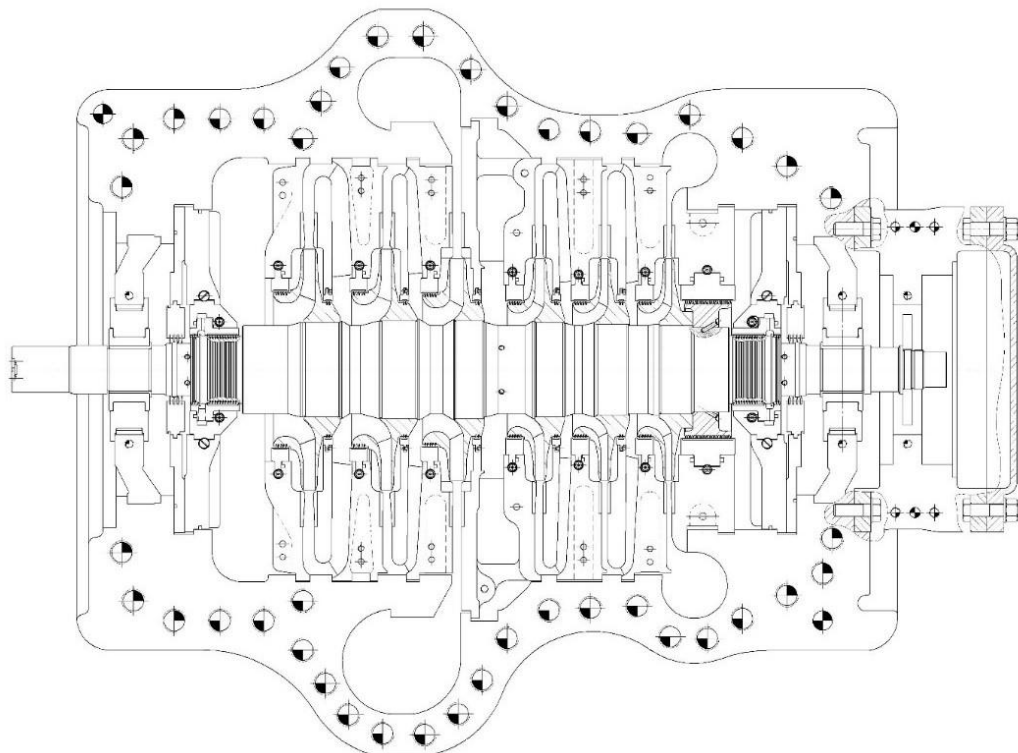


Рисунок 1.4 – Компресор ЦВД С-102

					КНУ, КМР.131.25.2-03.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

Враховуючи, що тема магістерської роботи передбачає застосування автоматизованих систем, зокрема CAD-систем, на основі отриманого 2D креслення була розроблена тривимірна модель деталі "Вал" ротора компресора С-102 ЦВД (рис. 1.5). Створена модель буде використовуватися для подальшого моделювання процесу обробки в САМ-системі.



Рисунок 1.5 – 3D - модель деталь «Вал»

					КНУ, КМР.131.25.2-03.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Службове призначення виробу

Компресор - пристрій промислового застосування для стиснення і подання повітря та інших газів під тиском. Принцип дії: у відцентровому компресорі потік повітря входить в робоче колесо вздовж осі двигуна, а в робочому колесі відбувається поворот потоку в радіальному напрямку. Таким чином, в робочому колесі за рахунок відцентрової сили створюється додатковий зростання повного тиску. Тобто частинки робочого тіла отримують додаткову кінетичну енергію.

Робоче середовище ротору компресора С-102 ЦВД – аміак. Робочі оберти ротору – 12665 об/хв.

На рисунку 1.1 зображений вал ротора, який передає обертання на робоче колесо. Вузол працює на великих швидкостях та потребує підвищеної точності виготовлення. Гребінь упорний та гайка приєднуються останніми при збиранні.

Найбільш зручним способом для досягнення необхідної точності на замикаючому ланцюгу для умов середньо серійного виробництва є використання кільця регулюючого в якості ланцюга-компенсатора. Допуск на товщина кільця повинен бути не більшим необхідного допуску на замикаючий ланцюг. Збирання з застосуванням компенсаторів-найбільш прогресивний метод досягнення точності сполучення вузлів при складанні.

2.2 Розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів

2.2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

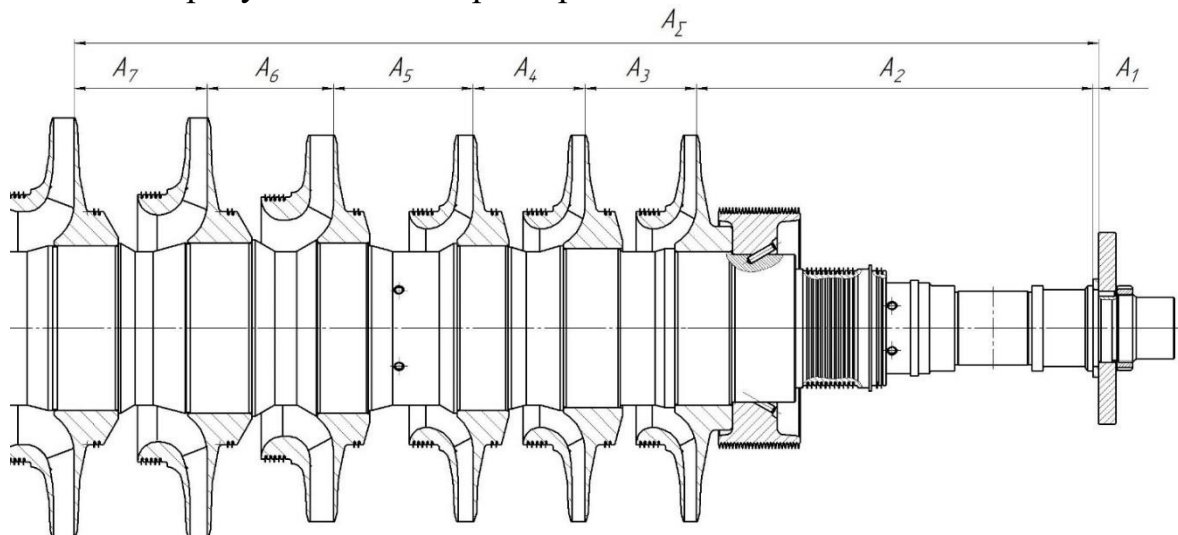


Рисунок 2.1 - Схема розмірного ланцюга

					КНУ.КМР.131.25.2-03.02.ПТПС		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування технологічного процесу складання		
Розроб.	Яців						
Перевір.	Рязанцев						
Н. Контр.	Нечасів						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркуші
						11	
					Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м		

Таблиця 2.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом компенсаторів (деталь вузла)

Назва ланок розмірного ланцюга						
$\overleftarrow{A_1}$	відстань між гребнем і кільцем дистанційним;					
$\overleftarrow{A_2}$	відстань між кільцем дистанційним і колесом;					
$\overleftarrow{A_3}, \overleftarrow{A_4}, \overleftarrow{A_5}, \overleftarrow{A_6}, \overleftarrow{A_7}$	відстань між колесами;					
вихідні данні			Розраховані величини			
Позначення ланки	Номинальний розмір	i	ІТ	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i
$\overleftarrow{A_1}$	5	-		0,02	$5_{-0,02}$	-0,01
$\overleftarrow{A_2}$	354	-		0,6	$354 \pm 0,3$	0
$\overleftarrow{A_3}$	98,1	-		0,4	$98,1 \pm 0,2$	0
$\overleftarrow{A_4}$	98,6	-		0,4	$98,6 \pm 0,2$	0
$\overleftarrow{A_5}$	123	-		0,4	$123 \pm 0,2$	0
$\overleftarrow{A_6}$	111,3	-		0,4	$111,3 \pm 0,2$	0
$\overleftarrow{A_7}$	117,1	-		0,4	$117 \pm 0,2$	0
$\overleftarrow{\beta_1}$	39	-		0,2	$39 \pm 0,1$	0
$\overleftarrow{\beta_2}$	39	-		0,2	$39 \pm 0,1$	0
$\overleftarrow{\beta_3}$	39	-		0,2	$39 \pm 0,1$	0
$\overleftarrow{\beta_4}$	39	-		0,2	$39 \pm 0,1$	0
$\overleftarrow{\beta_5}$	39	-		0,2	$39 \pm 0,1$	0
$\overleftarrow{\beta_6}$	39	-		0,2	$39 \pm 0,1$	0

Номинальний розмір замикаючої ланки розмірного ланцюга:

$$A_{\Sigma} = 5 + 354 + 98,1 + 98,6 + 123 + 111,3 + 117,1 = 907,1 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Визначаємо допуск ланки розмірного ланцюга:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta_i) = (0,02 + 0,6 + 0,4 + 0,4 + 0,4 + 0,4 + 0,4 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2) = 3,82 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Формула координати середини поля допуску:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\overline{\Delta C_i} + \frac{\overline{\Delta \beta_i}}{2}) - \sum_{j=1}^n (\overline{\Delta C_j} + \frac{\overline{\Delta \beta_j}}{2}) = (-0,01) - (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) = -0,01 \text{ мм} \quad (2.3)$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину компенсації T_{κ} визначаємо за даною формулою:

$$T_{\kappa} = T_{\Sigma} - T_{\Sigma}$$

$$T_{\Sigma} = T_{\Sigma} - T_{\kappa} = 3,82 - 0,02 = 3,8 \text{ мм}$$
(2.4)

Формула для визначення кількості кілець дистанційних, N :

$$N = \frac{T_{\kappa}}{T_{\Sigma}} + 1 = 2$$
(2.5)

Приймаємо кількість кілець $N = 2$

Допуск ступені ланки кільця визначаємо по формулі:

$$T_{CT} = \frac{T_{\kappa}}{N - 1} = \frac{0,02}{2 - 1} = 0,02 \text{ мм}$$
(2.6)

де T_{κ} - допуск на компенсацію, мм;

N - кількість кілець.

Середній розмір ланки компенсатора визначаємо за формулою:

$$\overleftarrow{A_{C_2}} = \overleftarrow{A_{\text{комп}_{A_2}}} + \Delta C_{\text{комп}} + \Delta C_{\Sigma} - \Delta C_{\Sigma} = 5 + 0 - 0,01 - 0 = 4,99 \text{ мм}$$
(2.7)

Граничні значення ланки компенсатора визначаються за формулами:

$$A_{K\max} = A_{\text{ск}} + \frac{T_{\kappa}}{2} = 4,99 + \frac{0,02}{2} = 5 \text{ мм}$$

$$A_{K\min} = A_{\text{ск}} - \frac{T_{\kappa}}{2} = 4,99 - \frac{0,02}{2} = 4,98 \text{ мм}$$
(2.8)

Розміри змінних деталей взяті з зменшуючих ланок, визначаються за формулами:

$$I_{\text{кл.}} A_{K\max} \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} = 5 \pm 0,01 \text{ мм}$$

$$II_{\text{кл.}} (A_{K\max} - T_{CT}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} = 5 - 0,02 \pm \frac{0,02}{2} = 4,98 \text{ мм}$$
(2.9)

Розраховуємо похибку розрахунку по формулі:

$$\varepsilon = \frac{I_{\text{кл.}} - A_{2\min}}{A_{2\min}} \cdot 100\% = \frac{5 - 4,98}{4,98} \cdot 100\% = 0,4\%$$
(2.10)

Використання двох розмірів кілець-компенсатора може опинитись нетехнологічним в конкретних умовах виробництва.

2.2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

При обчисленні кутового розмірного ланцюга застосовується метод типових рішень, що обумовлено уніфікацією підшипникових блоків.

Склад кутового ланцюга:

$$S_1 = S_4 - \text{посадка внутрішнього кільця підшипника на вал} = \phi 65 \frac{h6}{G7} \left(\begin{array}{c} 0 \\ -0.019 \\ +0.04 \\ +0.01 \end{array} \right)$$

$$S_2 = S_3 - \text{посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус} = \phi 65 \frac{H7}{p6} \left(\begin{array}{c} +0.046 \\ 0 \\ +0.079 \\ +0.05 \end{array} \right)$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$e_{12} = e_{17} - \text{ексцентриситет посадкових шийок валу} = \frac{0,020}{2} = 0,01$$

$$e_{10} = e_{19} - \text{половина радіального биття підшипника ковзання} \\ = \frac{0,020}{2} + \frac{0,020}{2} = 0,020$$

Вихідні данні $e_{\Sigma} = \pm 0,0013\text{мм}$, $T_{e_{\Sigma}} = 0,0026\text{мм}$.

Допуски зазорів:

$$T_{S_i} = S_{\max_i} - S_{\min_i} \quad (2.11)$$

Максимальний зазор:

$$S_{\max} = ES - ei \quad (2.12) \\ S_{1,4\max} = 0,04 - (-0,019) = 0,059\text{мм}$$

Мінімальний зазор:

$$S_{\min} = EI - es \quad (2.13) \\ S_{1,4\min} = 0,01 - 0 = 0,01\text{мм}$$

Спряжені забезпечується натяг, але в розрахунках включається тільки зазор:

$$T_{S_{1,4}} = 0\text{мм} \\ S_{2,3\max} = 0,046 - 0,079 = -0,033\text{мм} \\ S_{2,3\min} = 0 - 0,05 = -0,05\text{мм} \\ T_{S_{2,3}} = -0,033 - (-0,05) = 0,017\text{мм}$$

Координата середина поля допуску зазору визначається за формулою:

$$em_{Si} = \frac{em_D + em_d}{2} \quad (2.14)$$

em_D - координата середини поля допуску отвору :

$$em_D = \frac{ES + EI}{2} \quad (2.15)$$

em_d - координата середини поля допуску валу :

$$em_d = \frac{es + ei}{2} \quad (2.16) \\ em_{D_2} = \frac{0,046 + 0}{2} = 0,023\text{мм} \\ em_{d_2} = \frac{0,079 + 0,05}{2} = 0,0645\text{мм} \\ em_{S_2} = \frac{0,023 + 0,0645}{2} = 0,04375\text{мм} \\ em_{D_1} = \frac{0,04 + 0,01}{2} = 0,025\text{мм}$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$em_{d_1} = \frac{0 + -0,019}{2} = -0,0095_{мм}$$

$$em_{s_1} = \frac{0,025 + -0,0095}{2} = 0,00775_{мм}$$

Величина допуску для вихідного параметра в проектних розрахунках встановлюється із застосуванням імовірнісного підходу згідно з такою формулою:

$$T_{e_{\Sigma}} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{S_i}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{e_j}^2} =$$

$$\sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot (-0,033)^2 + 2 \cdot 0,017^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,01^2 + 2 \cdot 0,020^2)} = 0,039_{мм} \quad (2.17)$$

Формула для визначення координати середини поля допуску замикаючої ланки:

$$em_{e_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n (\overrightarrow{em_{S_i}} + 0,5 \cdot \overrightarrow{Te_i} + 0,05 \cdot (\overrightarrow{T_{S_i}} + \overrightarrow{Te_i})) - \sum_{j=1}^m (\overrightarrow{em_{S_j}} + 0,5 \cdot \overrightarrow{Te_j} +$$

$$0,05 \cdot (\overrightarrow{T_{S_j}} + \overrightarrow{Te_j})) = ((0,00775 + 0,04375) + 0,5(0,01 + 0,020) +$$

$$0,05(0 + 0,017 + 0,01 + 0,020)) - ((0,00775 + 0,04375) +$$

$$0,05(0,01 + 0,020) + 0,05(0 + 0,017 + 0,01 + 0,020)) = 0,083_{мм} \quad (2.18)$$

Граничні значення відхилень замикаючого розміру (неспіввісності валу в опорах) встановлюються за допомогою застосування зазначених формул.

$$es_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} + \frac{Te_{\Sigma}}{2} = 0,083 + \frac{0,017}{2} = 0,0915_{мм}$$

$$es_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} - \frac{Te_{\Sigma}}{2} = 0,083 - \frac{0,017}{2} = 0,0745_{мм} \quad (2.19)$$

$$e_{\Sigma} = 0^{+0,0915}_{+0,0745}$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Вал є центральним елементом ротора, на якому кріпляться всі інші обертові частини компресора ЦВД, такі як диски (робочі колеса), розпірні втулки та ущільнення. Він забезпечує їхню взаємну фіксацію та передачу обертового руху. Вал передає крутний момент від привідного механізму до робочих коліс (дисків). Вал сприймає радіальні навантаження від власної ваги ротора, невірноваженості, а також аеродинамічних сил, що діють на робочі колеса. Він також сприймає осьові навантаження, що виникають внаслідок перепаду тиску на ступенях компресора. Ці навантаження передаються на підшипники, які підтримують вал.

Таким чином, вал ротора компресора С-102 ЦВД є ключовою деталлю, яка забезпечує механічну цілісність ротора, передачу енергії, сприйняття навантажень та правильну роботу всього компресорного агрегату.

Для даної деталі вибираємо матеріал - сталь 40ХН2МА ДСТУ 7806:2015.

Застосовується сталь 40ХН2МА ДСТУ 7806:2015 для виготовлення колінчастих валів, клапанів, шатунів, кришок шатунів, відповідальних болтів, шестерень, кулачкових муфт, дисків та інших важконавантажених деталей. Валків для холодної прокатки металзубів.

Вибираємо заміну основного матеріалу - сталь 45ХН2МФА, 30Х3МФ.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад матеріалів.

Марка сталі	C	Mn	Si	Ni	Si P	Cr	Cu
40ХН2МА	0.37-0.44	0.5-0.8	0.17-0.37	1.25-1.65	до 0.025	0.6-0.9	до 0.3
45ХН2МФА	0.42-0.5	0.5-0.8	0.17-0.37	1.3-1.8	до 0.025	0.8-1.1	до 0.3
30Х3МФ	0.27-0.34	0.3-0.6	0.17-0.37	до 0.3	до 0.035	2.3-2.7	до 0.3

Таблиця 3.2 - Механічні властивості матеріалів.

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ %	Ψ %	KCU , Дж / см ²
40ХН2МА	930	1080	12	50	780
45ХН2МФА	1275	1420	7	35	390
30Х3МФ	835	980	12	55	980

					КНУ.КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Яців				Технологічна підготовка виробництва виробу			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Рязанцев									11	
								Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м			
Н. Контр.	Нечасів										
Затверд.	Рязанцев										

Термічна обробка сталі 40ХН2МА зазвичай включає гартування (нагрівання до 830-860°C з подальшим охолодженням в маслі) і відпуск (з різними температурами в залежності від необхідних властивостей), забезпечуючи високу міцність, твердість і ударну в'язкість. Сталь 40ХН2МА — це конструкційна легована сталь, яка вимагає термообробки для досягнення оптимального поєднання міцності та пружності у відповідальних деталях.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Таблиця 3.3 - Аналіз якості поверхні деталі

№ поз.	Номинальний розмір	Допуск чи відхилення	Шорсткість, Ra	Відхилення форми й розташування поверхні
1	2	3	4	5
1	$\phi 54$	h7	1,6	
2, 46	1435	0,3	1,6	
3	$\phi 60$	p6	1,6	
4	67	0,2	1,6	
5, 9, 13, 85	$\phi 75$	0,1	1,6	
6	194	0,2	1,6	
7	$\phi 68$	h7	1,6	
8	42	0,1	1,6	
10	116	0,2	1,6	
11, 83	$\phi 65$	h7	1,6	Допуск круглості 0,01 Допуск на циліндричність 0,01 Допуск биття 0,02
12, 84	68	0,1	1,6	
14	22	0,2	1,6	
15, 19	$\phi 80$	h7	1,6	
16	254	0,2	1,6	
17	$\phi 84$	h7	1,6	
18	32	0,2	1,6	
20	21	0,1	1,6	
21, 27	$\phi 100,6$	0,1	1,6	
22	13,5	0,2	1,6	
23	$\phi 111$	0,1	1,6	
24	334	0,2	1,6	
25, 29	$\phi 104,6$	0,1	1,6	
26	440,5	0,2	1,6	
28	49	0,1	1,6	
30	6	0,2	1,6	

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

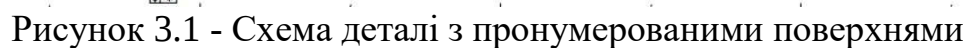
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
31	ϕ 130,18	0,02	1,6	
32	56,5	0,2	1,6	
33	ϕ 135,29	0,02	1,6	
34	538,6	0,2	1,6	
35	ϕ 139,5	0,1	1,6	
36	755.4	0.2	1.6	
37	Конусність з ϕ 135 на ϕ 139,5	IT14	1,6	
38, 45, 55, 64, 72, 81	ϕ 135	0,2	1,6	
39	632,3	0,2	1,6	
40	ϕ 140,29	0,02	1,6	Допуск биття 0,02
41	50,1	0,2	1,6	
42	ϕ 144,5	0,1	1,6	
43, 53, 57	3	0,1	1,6	
44	Конусність з ϕ 144,5 на ϕ 135	IT14	1,6	
47	Конусність з ϕ 135 на ϕ 142	IT14	1,6	
48	ϕ 42	0,2	1,6	
49, 66	3	0,2	1,6	
50	ϕ 145,32	0,2	1,6	Допуск биття 0,02
51	45	0,2	1,6	
52, 75	ϕ 149,5	0,1	1,6	
54	Конусність з ϕ 149,5 на ϕ 135	IT14	1,6	
56	Конусність з ϕ 135 на ϕ 145	IT14	1,6	
58	ϕ 145	0,2	1,6	
59, 67	ϕ 150,32	0,02	1,6	
60	45	0,2	1,6	
61, 70	1	0,1	1,6	

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
62	ϕ 155	0,1	1,6	
63	Конусність з ϕ 155 на ϕ 135	IT14	1,6	
65	ϕ 155	0,2	1,6	
68, 77	54	0,2	1,6	
69	ϕ 150	d11	1,6	
71	Конусність з ϕ 150 на ϕ 135	IT14	1,6	
73	Конусність з ϕ 135 на ϕ 149,5	IT14	1,6	
74	2	0,2	1,6	
76	ϕ 145,32	0,02	1,6	
78	ϕ 145	d11	1,6	
79	354	IT14	1,6	
80	Конусність з ϕ 145 на ϕ 135	IT14	1,6	
82	88,4	0,2	1,6	
86	214	0,2	1,6	
87	ϕ 70	p6	1,6	
88	90	0,2	1,6	
89	4× ϕ 57	0,2	1,6	
90	2× ϕ 58	0,1	1,6	
91	3× ϕ 64	0,3	1,6	
92	2,5× ϕ 80	0,2	1,6	
93	2,5× ϕ 104,6	0,2	1,6	
94	2,5× ϕ 134	0,2	1,6	
95	4× ϕ 148	0,1	1,6	
96	2,5× ϕ 66	0,3	1,6	
97	18×99×10	N9	6,3	Допуск симетричності 0,1 Допуск паралельності 0,025

Приводимо ескізи деталі з пронумерованими поверхнями на окремих аркушах (рис. 3.1).



3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Конструкція деталі на кресленні повністю розкрита і однозначно визначена завдяки використанню комплексного набору графічних зображень. Для точного відображення конфігурації та всіх елементів поверхні застосовані: головний вид, вид зліва, розрізи (Д-Д, Е-Е, В-В, Г-Г), виносні види (Ж, И, К, Л, М, Н, П, Р, С), види по стрілці (А, Б).

Креслення містить повний обсяг розмірної інформації, включаючи номінальні розміри з необхідними допусками, вимоги до шорсткості оброблених поверхонь і нормативи щодо відхилень їх взаємного розташування.

Незазначені граничні відхилення приведені в технічних вимогах креслення:

- для валів - по $h14$;
- для отворів по $H14$;

$\frac{IT12}{2}$

- для лінійних розмірів - по $\frac{IT12}{2}$.

На кресленні даної деталі відсутня повна технічна інформація, а саме: марка матеріалу, вимоги до термообробки, тип захисно-декоративного покриття і маса. Проаналізувавши умови експлуатації та функціонал виробу, приймаємо рішення щодо відсутніх пунктів: призначити сталь 40ХН2МА, визначити необхідність проведення термообробки та відмовитися від використання декоративного покриття.

У цьому робочому кресленні відсутні технічні вимоги, що стосуються можливої заміни використовуваного матеріалу.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь Вал виготовлена із сталі 40ХН2МА, вал є поковкою, яка може виготовлятися ковкою на пресі. Тип виробництва даної деталі - дрібносерійне ($N=10$ шт.), маса 1 деталі дорівнює 120 кг.

Даний вал вважається трудомістким, оскільки є ступінчастим валом, який має шийки під підшипники, колеса, думіс, гребінь упорний. Також він технологічний, оскільки його конструкція передбачає зростання діаметра ступенів до середини валу.

"Вал" є тілом обертання, що містить: кілька отворів, ці отвори мають різну конфігурацію (довжину і профіль); дві точні циліндричні шийки під підшипники, необхідні для встановлення й базування валу в корпусі вузла; точні шість шийок, що призначена для контакту з колесами, тобто для забезпечення герметичності з'єднання під час установлення валу в корпус.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання металу $K_{\text{вм}}$:

$$K_{\text{вм}} = \frac{Q_d}{Q_3} \cdot 100\% = \frac{120}{191,32} \cdot 100\% = 63,05\% \quad (3.1)$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q_0 - маса деталі, кг;

Q_3 - маса заготовки, кг.

Формула середньої точності дорівнює:

$$IT_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot IT}{N} = \frac{14 \cdot 48 + 25 \cdot 7 + 18 \cdot 8 + 10 \cdot 18}{109} = 10.74 \quad (3.2)$$

IT - квалітет точності

N - кількість поверхонь

n_i - кількість поверхні однакової точності

Середня шорсткість R_a , мкм, визначається по формулі:

$$R_{аср} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot R_a}{N} = \frac{107 \cdot 1.6 + 6.3 \cdot 2}{109} = 1.7 \quad (3.3)$$

R_a - шорсткість поверхні

n_i - кількість поверхонь однакової шорсткості

N - загальна кількість поверхонь

Коефіцієнт уніфікації K_{yn} , визначимо по формулі:

$$K_{yn} = \frac{P_{yn}}{N} = \frac{45}{109} \cdot 100\% = 42\% \quad (3.4)$$

P_{yn} - кількість уніфікованих розмірів

N - загальна кількість розмірів

Проведений кількісний аналіз конструктивної технологічності виробу виявив, що за критеріями витрати матеріалу, точності виготовлення та чистоти поверхні деталь відповідає вимогам технологічності. Однак, щодо уніфікації, виріб було визнано нетехнологічним.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій і класифікуємо тип виробництва для ділянки, що включає три робочих верстати, виходячи з виконуваних на них технологічних операцій. Прийmemo за основу, що виробництво має дрібносерійний характер.

$N = 10$ шт. - річна програма випуску.

Штучно - калькуляційний час операцій буде складати:

$$T_{шт.к} = 30хв.$$

$$T_{шт.к} = 15хв.$$

$$T_{шт.к} = 40хв.$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактична кількість операцій, закріплена за верстатом:

$$P_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_{з.н.}}{T_{шт.к} \cdot N},$$

$$P_{o1} = \frac{13182 \cdot 0.8}{30 \cdot 10} = 35.152$$

$$P_{o2} = \frac{13182 \cdot 0.8}{15 \cdot 10} = 70.304$$

$$P_{o3} = \frac{13182 \cdot 0.8}{40 \cdot 10} = 26.364$$
(3.5)

де N - річна програма випуску деталей = 10 шт / рік;

$T_{шт.к}$ - штучно - калькуляційний час;

$\eta_{з.н.} = 0,8$ - нормований коефіцієнт завантаження верстатів;

Місячний обсяг операцій, що виконуються на даній ділянці:

$$\sum P_{oi} = P_{o1} + P_{o2} + P_{o3} + \dots P_{on} = 35.152 + 70.304 + 26.364 = 131.82 \quad (3.6)$$

Кількість операторів, необхідних для індивідуального обслуговування кожного верстата (в рамках однієї робочої зміни):

$$p = 0.96 \cdot \eta_{з.н.} = 0.96 \cdot 0.8 = 0.77 \quad (3.7)$$

Фактична кількість працівників на ділянці (при однозмінному режимі роботи):

$$\sum p_i = 0.77 + 0.77 + 0.77 = 2.31$$

Рівень повторюваності та концентрації операцій у всіх формах серійного випуску:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum p_i} = \frac{131.82}{2.31} = 57.06 \quad (3.8)$$

$K_{з.о.} 4 > 0$ - для одиничного виробництва

Виробництво одиничне, одиничний метод організації виробництва.

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення типового ТП

У якості базового використовуємо заводський технологічний процес ТОВ «Машсервіс». Типовий технологічний процес:

- 015 Обробка торців заготовки
- 020 Свердління з боку торців центрових отворів.
- 025 Токарна обробка (попереднє).
- 030 Термообробка
- 035 Токарна обробка (напівчистова)
- 040 Токарна обробка (чистова)
- 045 Фрезерування шпоночних пазів.
- 050 Свердління отворів.
- 055 Нарізання різьби.
- 030 Шліфування.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вивчення існуючого типу виробництва та специфічних умов, в яких виготовляється деталь, формує ключові цілі технологічного проектування. Ці цілі спрямовані на: поліпшення експлуатаційних характеристик; оптимізацію виробничої структури; зниження операційних витрат за рахунок скорочення циклу обробки; раціоналізацію технологічної схеми шляхом об'єднання або поділу операцій.

Сформуємо повний конструкторсько-технологічний код деталі «вал».

Код конструкторської характеристики – 71 0667

Клас 710000 - клас деталі тіла обертання.

Підклас 710000 - документи (норми, правила, вимоги).

Група 716000

Підгрупа - 716700 – деталі з комбінованою зовнішньою поверхнею, що складається з циліндричних, конічних і криволінійних поверхонь у різних їх комбінаціях.

Вид 730667 - технологія виробництва.

Повний технологічний код деталі: ГС312222451428Л

1) Розмірна характеристика:

Г – найбільший зовнішній діаметр $\phi 155\text{мм}$;

С - довжина 1435мм;

3 – діаметр центрального отвору $\phi 12\text{мм}$.

2) Група матеріалу:

12 - сталь конструкційна легована.

3) Вид деталі по технологічному методу виготовлення:

2 - Виготовляється куванням і об'ємним штампуванням;

4) Вид вихідної заготовки:

22 - об'ємним штампуванням.

5) Параметри шорсткості:

4 - $Ra=1,6$.

6) Відхилення форми і розташування поверхонь - 5

7) Квалітет:

1 - зовнішньої поверхні IT14;

4 - внутрішньої поверхні H7.

8) Ступінь точності: 2

9) Вид допоміжної обробки:

8 - з термічною обробкою без покриття

10) Характеристика маси: Л - 120 кг.

Загальний конструкторсько-технологічний код: 710667ГС312222451428Л

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Заготовка – це виробничий елемент, який у процесі обробки (механічної, термічної тощо) набуває задані конструкцією параметри та характеристики, стаючи в результаті деталлю або нероз'ємним вузлом.

					КНУ, КМР. 131.25.2-03.03. ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існує кілька основних методів виробництва заготовок: лиття; ковальсько-пресові способи; з прокату; комбіновані методи, що включають зварювання; способи, що застосовуються для пластмас і гум.

Вибір оптимального методу виготовлення заготовки визначається комплексом характеристик, таких як тип матеріалу, складність форми, маса, габарити, а також необхідна точність і якість поверхні кінцевої деталі.

Спосіб виготовлення заготовки: куванням на молотах або штампування у закритих штампах.

Ключові переваги процесу кування полягають у наступному: здатність виготовляти заготовки великих розмірів; використання універсального обладнання та технологічного оснащення; забезпечення поліпшених механічних властивостей матеріалу, а саме, збільшення його пластичності та опору ударним навантаженням.

Процес кування, незважаючи на свої переваги, має ряд істотних недоліків, пов'язаних переважно з його ефективністю та продуктивністю: Низька енергетична ефективність: характеризується вкрай невисоким коефіцієнтом корисної дії (ККД). Зокрема, ККД пароповітряних молотів становить всього 2-3%, пневматичних молотів — 6-7%, а гідравлічних пресів — 6-8%. Обмежена продуктивність і високі трудовитрати: технологія кування відрізняється низькою швидкістю виготовлення деталей і вимагає значного обсягу ручної або операторської праці. Необхідність додаткової обробки: через особливості формоутворення, отримані заготовки мають значні припуски, що обумовлює великий обсяг подальшої механічної обробки для досягнення необхідних геометричних розмірів і чистоти поверхні.

Гаряче об'ємне штампування має істотні переваги в порівнянні з традиційним куванням, забезпечуючи більш високий рівень ефективності та якості виробництва: ускладнення геометрії та чистота поверхні - дозволяє отримувати заготовки більш складної та точної конфігурації, а також з кращою якістю поверхні; зниження витрат на обробку - забезпечується значне зменшення припусків на механічну обробку або їх повне виключення, завдяки високій точності форми; процес характеризується більш раціональним використанням металу, що призводить до істотної економії; значно зростає точність геометричних розмірів отриманих заготовок; спостерігається збільшення продуктивності праці і одночасне зниження загальної трудомісткості виготовлення заготовок; відзначається поліпшення умов праці операторів в порівнянні з процесом вільного кування.

Гаряче об'ємне штампування, незважаючи на свої переваги, пов'язане з рядом істотних обмежень і мінусів, які роблять його не завжди застосовним: технологічний процес вимагає використання дорогого оснащення (штампів); існують певні обмеження за габаритами і вагою кінцевих поковок, які можуть бути отримані даним способом; процес неминуче супроводжується утворенням відходів металу у вигляді задирок, що призводить до непродуктивних втрат сировини, які, як правило, становлять від 10% до 30% від вихідної маси заготовки; для здійснення деформації потрібні значно більші зусилля в порівнянні з методом вільного кування.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на переваги штампування в точності розмірів і зниження припусків, вибір методу визначається необхідністю максимального поліпшення металевої структури і міцнісних характеристик. Ці цілі найбільш ефективно досягаються куванням, так як кування гарантує необхідну стійкість деталі до високих навантажень.

Зробимо техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки.

В нашому випадку заготовку деталі отримують куванням. Приведені витрати по деталі визначаються по формулі:

$$Z = A + Z_o + E_n \cdot Z_k + O_z, \quad (3.9)$$

де A - вартість заготовки, грн;

Z_o - витрати по операціях механічної обробки, що відрізняються;

E_n - нормативні коефіцієнти ефективності;

Z_k - поточні капітальні витрати на операцію, грн;

O_z - поточні витрати по експлуатації верстата;

Вартість заготовок визначимо по формулі:

$$A = M \cdot C \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_{on} - (M - q) \cdot Ц, \quad (3.10)$$

де M - маса заготовки;

C - вихідна оптова ціна 1 кг заготовки;

K_M - коефіцієнт враховуючий масу заготовок;

K_C - коефіцієнт враховуючий групу складності заготовок;

K_{on} - коефіцієнт враховуючий об'єм виробництва заготовок;

q - чиста маса деталі;

$Ц$ - ціна 1 кг відходів.

Тоді:

$$A_K = 191,32 \cdot 48 \cdot 1,06 \cdot 0,82 - (191,32 - 120) \cdot 5 = 7625,6 \text{ грн.}$$

$$A_{III} = 168,04 \cdot 48 \cdot 1,06 \cdot 0,82 - (168,04 - 120) \cdot 5 = 6770,6 \text{ грн}$$

На підставі техніко-економічного аналізу різних способів виготовлення заготовки, було зроблено висновок, що штампування в закритих штампах є найбільш економічно вигідним і кращим варіантом. Застосування цього методу забезпечує істотне зниження собівартості кінцевої деталі, оскільки вимагає менших витрат на оплату праці персоналу, зменшує поточні експлуатаційні витрати обладнання та мінімізує питомі погодинні витрати на виробничі операції.

Однак, з огляду на обмежені виробничі потужності підприємства і невелику річну програму випуску (що становить всього 10 одиниць на рік), в якості основного методу виготовлення заготовки був обраний процес вільного кування на молотах.

3.2.2 Проектування заготовок

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – дані для проектування заготовки «вал» куванням.

№	Розмір деталі, мм	Основний припуск, мм	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	ф155	13	±4	8	ф168
2	ф84	11	±3	5	ф95
3	ф84	11	±3	5	ф95
4	L=907	19,5	±6		926,5
5	L=1435	32,5	±10		1467,5

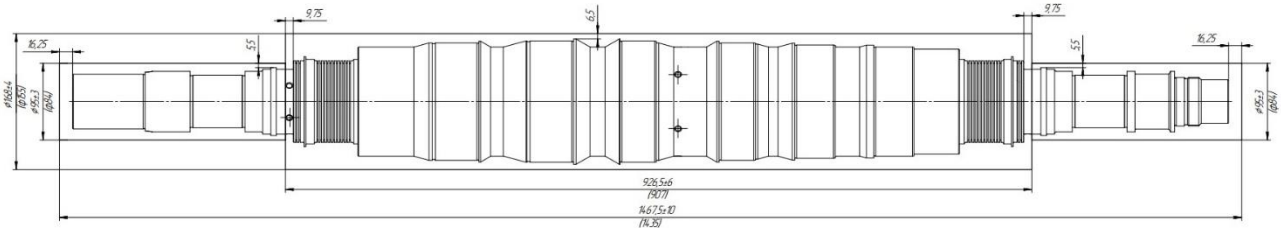


Рисунок 3.2 – Ескіз деталі з основними припусками

В способі допоміжний припуск не назначаємо, тому що заготовка отримується в одній напівформі, а значить не враховується граничне відхилення зміщення, а також граничне відхилення короблення заготовки.

Таблиця 3.5 – дані для проектування заготовки «вал» штампуванням.

№	Номинальний розмір, мм	Шорсткість, Ra	Квалітет	Допуск, мм	Основний припуск/дод. припуск	Граничні відхилення	Розмір заготовки
1	ф155	1,6	h14	0,2	2,3/0,6	+2,1-1,1	160
2	ф84	1,6	h7	0,03	2/0,6	+2,1-1,1	87
3	ф84	1,6	h7	0,03	2/0,6	+2,1-1,1	87
4	L=907	1,6	h12	0,2	3,2/1	+3,3-1,7	911
5	L=1435	1,6	h12	0,2	3,5/1	+3,7-1,7	1440

Маса деталі – 120 кг.

Визначаємо масу поковки, приймаємо $K_p=1,3$ в залежності від ступеня заповнення перетину.

$$G_{пок} = 1,3 \cdot 120 = 156$$

Для нашої деталі фігура, яка описує деталь, є циліндром з діаметром ф160 і довжиною 1435. Маса цієї фігури:

$$G_{\phi} = 226,5 \text{ кг}$$

Визначаємо відношення:

$$\frac{G_{пок}}{G_{\phi}} = \frac{156}{226,5} = 0,68 \quad (3.11)$$

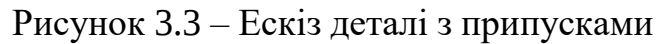
Ступінь складності поковки - С1.

Для закритої штамповки клас точності поковки штампованої - Т3.

Група сталі - М2.

Вихідний індекс – 14

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



3.2.3 Вибір і обґрунтування баз.

У машинобудуванні, залежно від виконуваних функцій і сфери застосування, опорні поверхні (бази) класифікуються на три основні категорії: конструкторські, технологічні та вимірювальні. Ці бази застосовуються, відповідно, на етапах складання, механічної обробки або контролю розмірів.

Технологічні бази — це поверхні, що використовуються для фіксації та орієнтації деталі в пристосуванні або на робочому столі верстата під час виконання механічної обробки.

Вимірювальні бази — це елементи деталі, від яких відраховуються або проводяться виміри для контролю геометричних параметрів і взаємного розташування поверхонь.

Для досягнення максимальної точності виготовлення деталі необхідно суворо дотримуватися двох фундаментальних технологічних законів: принцип суміщення баз: Необхідно прагнути до того, щоб поверхні, що служать конструкторськими базами, були обрані також в якості технологічних і вимірювальних баз. Це виключає похибку перебазування; принцип єдності баз: У процесі виготовлення деталі (при її механічній обробці) слід використовувати мінімально можливу кількість установчих баз, бажано не більше двох комплектів на весь технологічний маршрут.

На рисунках представлені умовні схеми базування на операціях, що відрізняються.

Теоретична схема базування на перші операції з опорними точками зображена на рисунку 3.4.



					КНУ, КМР. 131.25.2-03.03. ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На перші операції вал встановлюється в нерухомому центрі з повідковим патроном та обертовим заднім центром з рухомим люнетом. Операція виконується за два установи, на токарному горизонтальному верстаті з ЧПК OEM SK61100.

Схема базування деталі на наступних операціях може бути наступною.

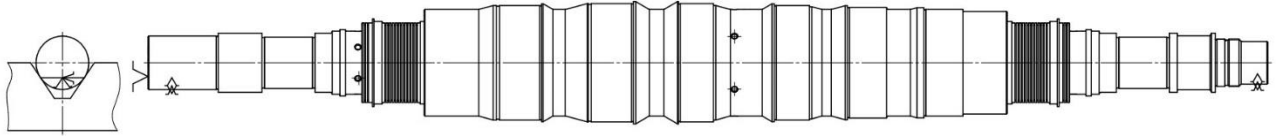


Рисунок 3.5– теоретична схема базування валу на останніх операціях

На останні операції вал встановлюється на призмі.

3.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрутний технологічний процес механічної обробки валу складений для одиничного типу виробництва і виготовляється на верстатному обладнанні механічного цеха.

Операція 005 «Заготівельна». Поковка виготовляється на обладнанні – кувальний молот.

Операція 010 «Токарна». Для обробки використовується горизонтальний токарний верстат з ЧПК OEM SK61100. Операція передбачає чорновий етап обробки поверхонь. Оброблюються діаметральні поверхні по 13-14 квалітетам точності, підрізаються торці, виконується центрування заготовки.

Операція 015 «Термообробка». Проводиться термообробка.

Операція 020 «Токарна». Обробка виконується на горизонтальному токарному верстаті з ЧПК OEM SK61100. На операції виконується напівчистовий етап обробки. Оброблюються діаметральні і торцеві поверхні валу по 9–12 квалітетам точності, з шорсткістю поверхонь $Ra = 3,2\text{--}6,3\text{ мкм}$.

Операція 025 «Токарна». Верстатне обладнання – горизонтальний токарний верстат з ЧПК OEM SK61100. На операції виконується чистовий етап обробки. Діаметральні поверхні оброблюються по 6-7 квалітетам точності і забезпечується шорсткість поверхонь $Ra = 1,6\text{ мкм}$.

Операція 030 «Фрезерна/Свердлильна». На операції фрезеруються чотири шпонкових пази, свердляться отвори, нарізується різьба, за технічними вимогами креслення. Базовими поверхнями для їх обробки є діаметральні поверхні шийок валу. Обробка виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі Zayer.

Операція 035 «Шліфувальна». На операції шліфуються шийки валу, шорсткість яких знаходиться в межах $Ra = 1,25\text{--}0,32\text{ мкм}$, а також поверхні, у яких взаємне розташування (радіальне і осьове биття, співвісність) забезпечується в межах $0,01\text{--}0,02\text{ мм}$ відносно осі лінії центрів.

3.2.6 Розробка технологічної операції Вибираємо верстат та різальний інструмент для обробки деталі. Остаточний сформульований зміст операцій, а також обраний верстат й різальний інструмент заносимо в таблицю 3.6.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Послідовність виконання технологічних операцій обробки деталі «Вал»

№ поз.	1. Назва операції (зміст переходів операції) 2. Верстат	Інструмент
1	2	3
2, 46, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 39, 41, 43, 46, 49, 51, 53, 57, 60, 61, 66, 68, 70, 74, 77, 79, 82, 84, 86, 88, 106, 107, 108, 109, 110, 111	Чорнове підрізання торця Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Прохідний різець, Державка PCLN R 2525 M19 Геометричні параметри : Пластина CNMM 190612 N - HG; Твердий сплав, покриття : AC820P $l = 19.3, \varnothing d = 19.05, s = 6.35, d_1 = 7.94$
1, 3, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 83, 85, 87, 104, 105, 5, 7, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 80, 81	Чорнове точіння Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Прохідний різець, Державка PCLN R 2525 M19 Пластина CNMM 190612 N - HG; Твердий сплав, покриття : AC820P
1, 3, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 83, 85, 87, 5, 7, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 80, 81	Напівчистове точіння Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Прохідний різець, Державка PCLN R 2525 M12 Геометричні параметри : $h = 25, h_1 = 25, b = 25, l_1 = 150,$ $l_2 = 28, f = 32$ Пластина CNMG 120408 N - GU; Твердий сплав, покриття : AC820P Геометричні параметри : $l = 12.9, \varnothing d = 12.7, s = 4.76, d_1 = 5.16$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
1, 3, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 83, 85, 87	1.Чистове точіння Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100 2.Шліфування Шліфувальний спеціальний верстат ЛЗ - 250 з ЧПУ	1.Прохідний різець, Державка SCLC R 2525 M12 Геометричні параметри : $h = 20, h_1 = 25, b = 25, l_1 = 150, f = 32$ Пластина CСMT 09T304 N - SU; Твердий сплав, покриття : AC820P Геометричні параметри : $l = 9.7, \varnothing d = 9.525, s = 3.97, d_1 = 4.4$ 2.Шліфувальний круг 32x10x6 25A630O5V50AA1 Геометричні параметри : D = 32мм ; T = 10 мм ; H = 6 мм ;
5, 7, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 80, 81	1.Чистове точіння Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100 2.Шліфування Шліфувальний спеціальний верстат ЛЗ - 250 з ЧПУ	1.Прохідний різець, Державка DVVN N 2525 M16 Пластина VNMG 160408 NGU; Твердий сплав, покриття : AC830P Геометричні параметри : $l = 16.6, \varnothing d = 9.525, s = 4.76, d_1 = 3.81$ 2.Шліфувальний круг 32x10x6 25A630O5V50AA1 Геометричні параметри : D = 32мм ; T = 10 мм ; H = 6 мм ;
89, 95	Точіння канавок Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Державка GWC R 2525 - 35 Пластина TGA R 4400BF; Геометричні параметри : t = 4, e = 0
90	Точіння канавок Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Державка GWC R 2525 - 25 Пластина TGA R 4200BF; Геометричні параметри : t = 2, e = 0
91	Точіння канавок Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Державка GWC R 2525 - 35 Пластина TGA R 4300BF; Геометричні параметри : t = 3, e = 0
92, 93, 94, 96	Точіння канавок Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Державка GWC R 2525 - 35 Пластина TGA R 4250BF; Геометричні параметри : t = 2.5, e = 0
99	Точіння канавок Верстат з ЧПК ОЕМ СК61100	Державка GWC R 2020 - 25 Пластина TGA R 4150BF; Геометричні параметри : t = 1.5, e = 0.250

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
97	Фрезерування пазів фрезерний верстат Zayer зпоздовжнім столом	Кінцева фреза зі змінними пластинами Корпус WEX 2014 E Геометричні параметри : $\varnothing D = 14, \varnothing d = 16, l_1 = 25, l_2 = 55, L = 80$ Пластина AXMT 123504 PEER - G; Твердий сплав, покриття : ACP300
98	Фрезерування пазів фрезерний верстат Zayer зпоздовжнім столом	Кінцева фреза : GLM 2040 SF Твердий сплав, покриття : ACZ20W Геометричні параметри : $\varnothing D = 4, \varnothing d = 4, l = 11, L = 45$
100	1. Свердління 2. Нарізування різьби фрезерний верстат Zayer	1. монолітне твердосплавне свердло MDW 0550 GS2 Покриття DEX TIALCr Геометричні параметри : $\varnothing D = 5.5, \varnothing d = 6, l_2 = 26.1, l_1 = 19.5,$ $L = 66,2$ 2. Мітчик накатний DIN 2174 HSSE -Co 5 VAP Геометричні параметри : $L_2 = 22, L_1 = 90, шаг = 1.25, різьба M8$
101	2. Нарізування різьби фрезерний верстат Zayer	1. Державка LTER 2020 Геометричні параметри : $h = 20, h_1 = 20, b = 20, l_1 = 125, f = 125$ Пластина TME 200 R Твердий сплав, покриття AC225 Геометричні параметри : $R = 0.27, \alpha = 60, a = 1.4, b = 1.2$
102	1. Свердління 2. Нарізування різьби фрезерний верстат Zayer	1. монолітне твердосплавне свердло MDW 0350 GS2 Покриття DEX TIALCr Геометричні параметри : $\varnothing D = 3.5, \varnothing d = 4, l_2 = 19.7, l_1 = 15.5,$ $L = 54.8$ 2. Мітчик накатний DIN 2174 HSSE -Co 5 VAP Геометричні параметри : $L_2 = 19, L_1 = 80, шаг = 1, різьба M6$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
103	Свердління фрезерний верстат Zayer	Монолітне твердосплавне свердло MDW 0600 GS2 Покриття DEX TIALCr Геометричні параметри: $\varnothing D = 6, \varnothing d = 6, l_2 = 28.2, l_1 = 21,$ $L = 66.2$

3.2.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.

Розраховуємо режими різання на токарну операцію 015. Визначення режимів різання при точінні аналітичним методом. Вид обробки – чорнове точіння.

$D = d + 2t = 65 + 4 = 59$ мм, $d = 65$ мм (позиція 11), $l = 68$ мм (позиція 12). Вид заготовки поковка, верстат з ЧПК OEM СК61100. Глибина різання: $t = 2$ мм. Значення обертової подачі: $S = 0,6-1,2$ мм/об. Коректування подачі за паспортом верстату: $S_0 = 0,8$ мм/об. Визначимо швидкість різання.

Таблиця 3.7 – Визначення швидкості різання

K_Γ	1	$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$ $K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{H_v}$ $K_{M_v} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ $n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}$ $V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{верст}}}{1000}$ $S_{x\phi} = S_0 \cdot n_{\text{верст}}$	$V_p = \frac{340}{45^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}}$
n_v	1,75		$0,422 = 66,77$
K_{M_v} (матеріал заготовки)	0,528		$K_v = 0,528 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,422$
K_{n_v} (стан пов - ні заготовки)	0,8		$K_{M_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{1080} \right)^{1,75} = 0,528$
K_{H_v} (матеріал інструменту)	1		
C_v	340		$n = \frac{1000 \cdot 66,77}{\pi \cdot 59} = 360,41$
m	0,20		
x	0,15		$V_\phi = \frac{\pi \cdot 59 \cdot 630}{1000} = 116,71$
y	0,45		
$T = 45$ хв. - стійкість інструменту			$S_{x\phi} = 0,8 \cdot 630 = 504$
Розрахункова швидкість різання, V_p , м / хв	66,77		
Розрахункова частота оберт. шпинд.п, мин^{-1}	637,94		
Скоректована за паспортом верстата розрах.частота оберт.шпинд.п _{верст.} , мин^{-1}	630		
Фактична швидкість різання, V_ϕ , м/хв	116,71		
Хвилинна подача, мм/хв	504		

					КНУ, КМР.131.25.2-03.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 - Визначення сили і потужності різання

$K_{\varphi P}$	1	$P_{Z,Y,X} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{M_P} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$ $K_{M_V} = \left(\frac{1080}{750} \right)^{(-0.15)_v} = 0,946$ $N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} < N_{\text{верст.}}$	$P_{Z,Y,X} = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 116,71^{-0,15} \cdot 0,946 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1704,8$ $N = \frac{1704,8 \cdot 116,71}{1020 \cdot 60} = 3,25 \text{ кВт}$ $N_{\text{верст.}} = 22 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ кВт}$ $N = 3,25 \text{ кВт} < N_{\text{верст.}} = 16,5 \text{ кВт}$
$K_{\gamma P}$	1		
$K_{\lambda P}$	1		
K_{rP}	1		
C_P	300		
m			
x	1		
y	0,75		
n	-0,15		
K_{M_P} (якість матеріалу заготовки)	0,946		
Тангенціальна складова сили різання P_Z	1704,8		
$N_{\text{ст.}}$ - потужність приводу верстату, кВт	16,5 кВт		

Зведена таблиця 3.9 - режимів різання

Глибина різання t , мм	2
S_O - подача, мм / об	0,8
Розрахункова швидкість різання V_p , м / хв	66,77
Фактична частота оберт. шпинд. n_Φ , мин^{-1}	630
Фактична швидкість різання, V_Φ , м / хв	116,71
Тангенціальна складова сили різання, P_Z	1704,8
Потужність різання N_Φ , кВт	3,25
Хвилинна подача, S_M , мм / хв	504

Таблиця 3.10 – Режими різання

№ опер-ї	1.Найменування операції 2.Модель верстата 3.Зміст переходів	Інструмент	Режими різання							Норми часу					
			D	I	t	S	V	n	i	T_O	T_B	$T_{оп}$	$T_{отд}$ $T_{обс}$	$T_{шт}$	$T_{шт.к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
010	1. Токарна чорнова. 2. Горизонтальний токарний верстат з ЧПК OEM СК61100 3. Установ А (правий торець) - Підрізати торець поз.2 в розмір 1545; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 1, 3, 9, 11, 13, 15, 17, 19. в розмір $\phi 120$; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 21, 25, 23, 29, 27, 31, 33, 35, 37, 38, 45, 55, 40, 42, 44, 47, 48, 50, 52, 64, 72, 75, 54, 56, 58, 59, 67 62, 63, 65, 69, 71, 73, 76, 78, 80, 87, 104, 105 в розмір $\phi 175$; 3. Установ Б (лівий торець) - Підрізати торець поз.46 в розмір 1545; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 87, 85, 83, 13, 15, 17, 19 в розмір $\phi 120$;	1. Прохідний різець, Державка PCLN R 2525 M19 1, с.122 Пластина CNMM190612 N - HG; Твердий сплав, покриття : AC820P	120	274	2	0.5	200	530	1						
			120	344	2	0,5	200	530	2						
			175	927	2	0,5	200	360	2						
				1545	4	0,3	200	360	2						
				1545	4	0,3	200	360	2						
									Σ	8,44	0,62	9,06	1,81	10,8	11,2

КНУ, КМР.13.1.25.2-03.03. ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
015	1. Термічна. 2. Режими термообробки : гартування 860°C - масло, відпуск 600°C – повітря														
020	1. Токарна напівчистова. 2. Горизонтальний токарний верстат з ЧПК ОЕМ СК61100 3. Установ А (правий торець) - Підрізати торець поз.2 в розмір 1537; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 1, 3 в розмір $\phi 64_{-0,3}$ - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 в розмір $\phi 88_{-0,3}$ - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 21, 23, 25, 27, 29 в розмір $\phi 119_{-0,3}$ - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз.	1. Підрізання торця : Прохідний різець, державка PCLN R 2525 M19 1, с.122 Пластина CNMM 190612 N - HG; Твердий сплав, покриття : AC820P 2. Напівчистове точіння : Прохідний різець, Державка PCLN R 2525 M12 [с.122] Пластина CNMG 120408 N - GU; Твердий сплав, покриття : AC820P	64	165	2	0,4	200	1000	1						
				1537	4	0,3	230	460	2						
				1537	4	0,3	230	460	1						
			88	352	2	0,4	200	730	1						
			119	432	2	0,4	200	540	1						
			159	1183	2	0,4	150	300	2						
			88	274	2	0,4	150	550	2						
			119	354	2	0,4	150	400	2						
									Σ	5,2	0,55	5,72	0,57	6,29	7,3

КНУ, КМР.13.125.2-03.03. ТПВВ

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	31, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 52, 55, 54, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 81, 80 в розмір $\phi 159_{-0,3}$ 3. Установ Б лівий торець : - Підрізати торець поз.46 в розмір 1537; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 87, 85, 83, 13, 15, 17, 19 в розмір $\phi 88_{-0,3}$ - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 21, 23, 25, 27, 29 в розмір $\phi 119_{-0,3}$														
025	1. Токарна чистова. 2. Горизонтальний токарний верстат з ЧПК ОЕМ SK61100 3. Установ А (правий торець) : - Підрізати торець поз.2 в розмір 1435; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз.	1. Підрізання торця : Прохідний різець, Державка PCLN R 2525 M19 1, с.122 Пластина CNMM 190612 N - HG; Твердий сплав, покриття : AC820P 2. Чистове точіння для поз. 1, 3, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21,		1435	4	0,3	230	480	1						
				1435	4	0,3	230	480	1						
			80	2,5	2	0,4	200	800	2						
			80	2,5	2	0,4	200	800	2						
			104,6	2,5	0,7	0,10	180	560	2						
			104,6	2,5	0,7	0,10	180	560	2						
									Σ	7,34	0,55	7,89	0,78	8,67	9,2

КНУ, КМР. 13.1.25.2-03.03. ТПВВ

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	1, 3, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31 витримуючи розміри згідно креслення; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 5, 7, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 80, 81 витримуючи розміри згідно креслення; - Точити канавку поз.89, 95 витримуючи розміри згідно креслення; - Точити канавку поз.90 витримуючи розміри згідно креслення; - Точити канавку поз.92 в розмір $\phi 80$ мм; - Точити канавку поз.93 в розмір $\phi 104,6_{-1}$ мм;	23, 25, 27, 29, 31, 83, 85, 87 : Прохідний різець, Державка SCLC R 2525 M12 1, с.135 Пластина CCMT 09T304 N - SU; Твердий сплав, покриття : AC820P 3. Чистове точіння для поз. 5, 7, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 80, 81: Прохідний різець, Державка DVVN N 2020 K16 [с.120] Пластина VNMG 160408 NGU; Твердий сплав, покриття : AC83OP 4.Точити канаву поз.89, 95 : Державка GWC R 2525 - 35 [с.171]														

КНУ, КМР.13.1.25.2-03.03. ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	- Точити канавку поз. 93, 94 витримуючи розміри згідно креслення - Точити канавку поз.99 витримуючи розміри згідно креслення 3. Установ Б лівий торець : - Підрізати торець поз.46 в розмір 1435; - Точити зовнішні циліндричні поверхні поз. 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 83, 85, 87 витримуючи розміри згідно креслення; - Точити канавку поз.91 витримуючи розміри згідно креслення - Точити канавку поз.92 в розмір $\phi 80$ мм; - Точити канавку поз.93 в розмір $\phi 104,6_{-1}$ мм; - Точити канавку поз.96 витримуючи розміри згідно креслення. -Точити канавку поз.99 витримуючи розміри згідно креслення.	Пластина TGA R 4400BF 5.Точити канаву поз.90 : Державка GWC R 2525 - 25 1. с.171 Пластина TGA R 4200BF 6.Точити канаву поз.90 : Державка GWC R 2525 - 35 1. с.171 Пластина TGA R 4300BF 6.Точити канаву поз.92, 93, 94, 96 : Державка GWC R 2525 - 35 [с.171] Пластина TGA R 4250BF 6.Точити канаву поз.99 : Державка GWC R 2020 - 25 [с.171] Пластина TGA R 4150BF													

КНУ, КМР. 13.1.25.2-03.03. ТПВВ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
030	1.Фрезерна / свердлильна 2. фрезерний верстат Zaueг 3. Установ А : - Фрезерувати паз поз.97 у розмір згідно креслення; - Фрезерувати паз поз.98 1 шт. у розмір згідно креслення; - Свердлити отвір поз.100 у розмір згідно креслення; - Нарізати різьбу поз.100 у розмір М8; - Нарізати різьбу поз.101 у розмір згідно креслення; - Свердлити отвір поз.102 у розмір згідно креслення; - Нарізати різьбу поз.102 у розмір М6; - Нарізати різьбу - Свердлити отвір поз.103 у розмір ϕ6; 3. Установ Б (перестановили деталь) - Фрезерувати паз поз.98 1 шт.у розмір згідно креслення;	1. Фрезерування пазу поз.97 : Кінцева фреза зі змінними пластинами 1. с. 215 Корпус WEX 2014 Е Пластина AXMT 123504 PEER - G; Твердий сплав, покриття : ACP300 2.Фрезерування пазу поз.98 : Кінцева фреза : GLM 2040 SF [с.171] Твердий сплав, покриття : ACZ20W 3. Свердлити отвір поз.100 монолітне твердосплавне свердло MDW 0550 GS2 [с. 272] Покриття DEX TIALCr 4. Нарізувати різьбу поз.100, 102. Мітчик накатний DIN 2174 HSSE -Co 5 VAP [с. 297] 5. Нарізувати різьбу поз.101: Державка LTER 2020 [с.182] Пластина TME 200 R	18	99	10	0,25	30	530	1							
			18	99	10	0,25	30	530	2							
			6	14	2,2	0,35	170	1000	2							
									Σ	2,4	2,65	6,5	2,75	4,56	Σ	

КНУ, КМР. 13.1.25.2-03.03. ТПВВ

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Твердий сплав, покриття AC225 6. Свердли́ти отвір поз.102 : монолітне твердосплавне свердло MDW 0350 GS2 1. с. 272 Покриття DEX TIALCr 7. Свердли́ти отвір поз.103 : монолітне твердосплавне свердло MDW 0600 GS2 [с. 272] Покриття DEX TIALCr													

КНУ, КМР.13.1.25.2-03.03. ТПВВ

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

В рамках токарної обробки буде спроектовано та деталізовано технологічне оснащення (верстатне пристосування та ріжучий інструмент). Виконання даної операції планується на токарному обробному центрі з ЧПУ моделі CW6263E.

Токарний верстат з числовим програмним управлінням (ЧПУ) являє собою високотехнологічну механічну систему, призначену для комплексної обробки заготовок за допомогою ріжучого інструменту. Його конструкція забезпечує: обертання оброблюваної деталі (заготовки) і точне контрольоване переміщення інструменту; пряме виконання токарних операцій; автоматичну зміну ріжучого інструменту для виконання різних технологічних переходів, що реалізується за рахунок використання револьверної головки.

Виробники пропонують багатоцільові токарно-револьверні верстати в горизонтальному і вертикальному виконанні. Ключовими особливостями конструкції є гнучкість компонування за рахунок наявності змінної робочої осі, багатопозиційної револьверної головки і можливості установки другого (протилежного) шпинделя. Таке оснащення забезпечує виконання всіх основних операцій токарної обробки: обточування, розточування, обробка торців, а також виготовлення деталей типу «фланець» і «диск». Впровадження в механізм переміщення високоточних направляючих (лінійних і універсальних) з сервоуправлінням дозволяє реалізувати регульоване осьове зміщення і ковзання супорта і задньої бабки по осях X і Y. Дана особливість критично важлива для обробки фасонних поверхонь і значно збільшує функціонал обладнання.

Пристосування – повідковий або 4-кулачковий патрон і задня бабка з регульованим підйомом центра.

Обробка проводиться на горизонтальному токарному верстаті з ЧПК OEM SK61100. Верстат показано на рисунках 4.1 та 4.2.



Рисунок 4.1 – Верстат з ЧПК OEM SK61100

					КНУ.КМР.131.25.2-03.04.МПОМ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.	Яциб				Моделювання та програмування операцій механічної обробки				Літ.	Арк.	Аркуші		
Перевір.	Рязанцев										11		
									Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м				
Н. Контр.	Нечасев												
Затверд.	Рязанцев												



Рисунок 4.2 – Верстат з ЧПК OEM CK61100

Таблиця 4.1 – Характеристика верстата

СК-61100		одиниця	Розмір
Шпиндель	Веретеноподібний ніс	мм	A215(8×m22)
	Отвір шпинделя	мм	130
	Конічний отвір шпинделя		1:20/140
	Кількість швидкості повороту вперед		21
	Номер швидкості зворотного повороту		12
	Попередня швидкість шпинделя	об/хв	3.15~315
	Зворотна швидкість шпинделя	об/хв	3.5~291
Рух подачі	Кількість подачі за оборот		56/56
	Подача на оборот (поздовжня)	мм	0.1~12(0.004"~0.473")
	Подача на оборот (поперечна)	мм	0.05~6(0.002"~0.236")
	Кількість і діапазон метричної різьби		44, 1~120 мм
	Кількість і діапазон дюймової різьби		31, 28~1/4"
	Кількість і діапазон різьби модуля		45, 0.5~60 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ

Арк.

Продовження таблиці 4.1

Інструментальний пост	Відстань між центральною лінією шпинделя та планом опори інструменту	мм	48
	Діапазон повороту <u>стійки</u> інструменту		90
	Макс. Проїзд вагона	мм	11950
	Макс. Хід верхньої <u>салазки</u>	мм	300
	Швидкість руху (поздовжня)		3740 мм/хв
	Швидкість руху (поперечна)		1870 мм/хв
Задня бабка	Діаметр хвостової бабки	мм	160(6")
	Переміщення задньої бабки	мм	300(12")
	Конічний отвір хвостової бабки		Морзе6
інші	Основна потужність двигуна	кВт	22
	Максимальна вага заготовки	кг	6000

Для підрозділу 4.1 «Візуалізація та перевірка керуючих програм», створимо 3D-модель деталі вал, рисунок 4.3.

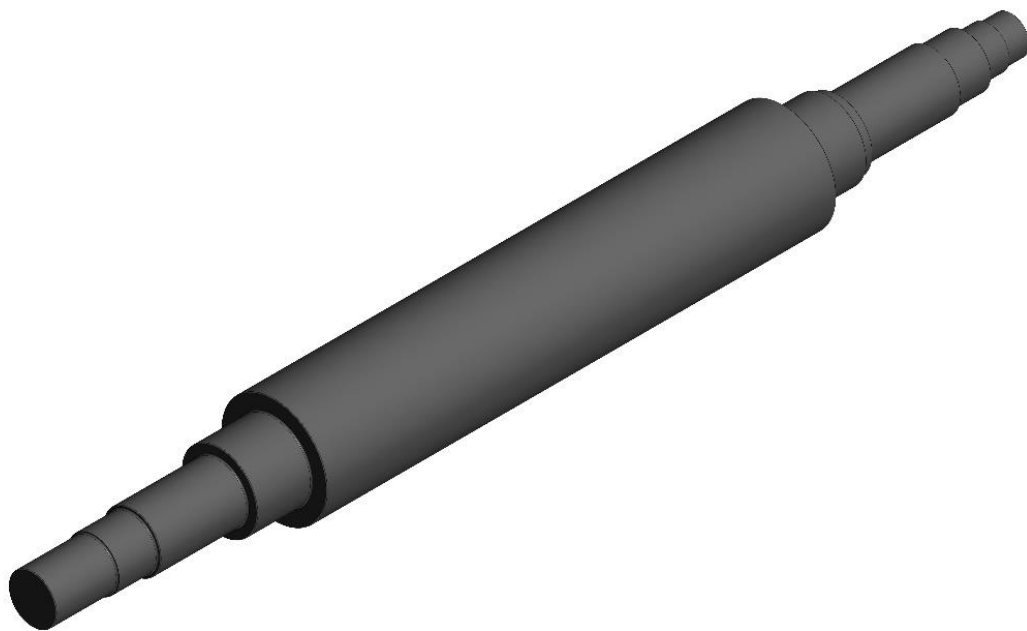


Рисунок 4.3 – 3D - модель деталь «Вал»

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Розробка виконується для деталі «Вал», у програмі FeatureCAM. Були зроблені розрахунки заготовки для заданої деталі та побудовано 3-D модель деталі. Етапи розробки програми для токарної чорнової і напівчистої обробки представлені рисунками .

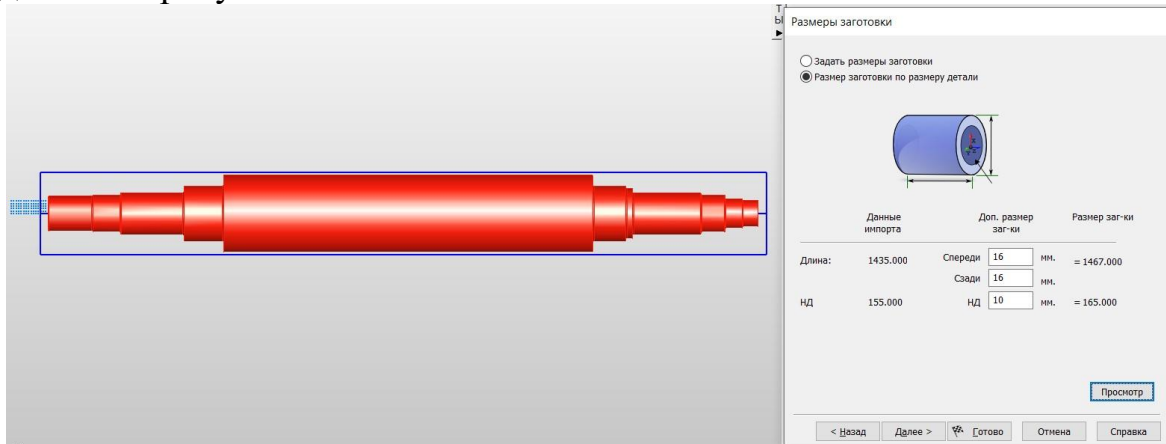


Рисунок 4.4 – Задаємо розміри заготовки



Рисунок 4.5 – Створюємо криву для точіння на першому установі

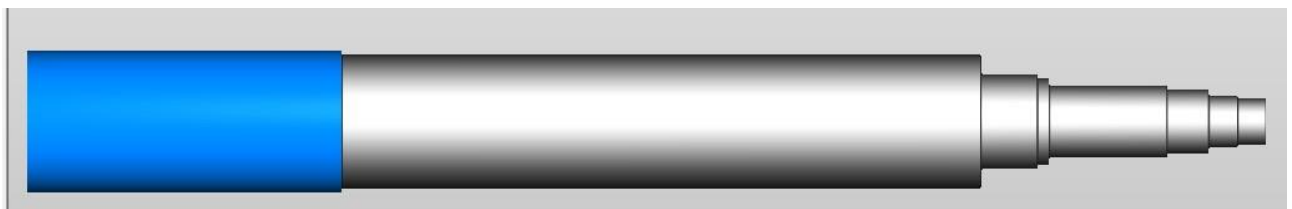


Рисунок 4.6 – Результат обробки на першому установі



Рисунок 4.7 – Створюємо криву для точіння на другому установі

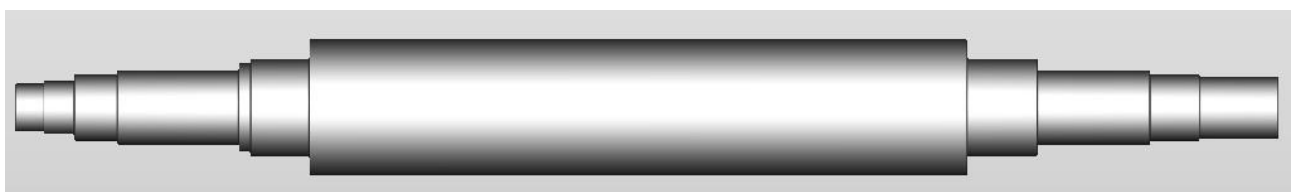


Рисунок 4.8 – Результат обробки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ

Арк.

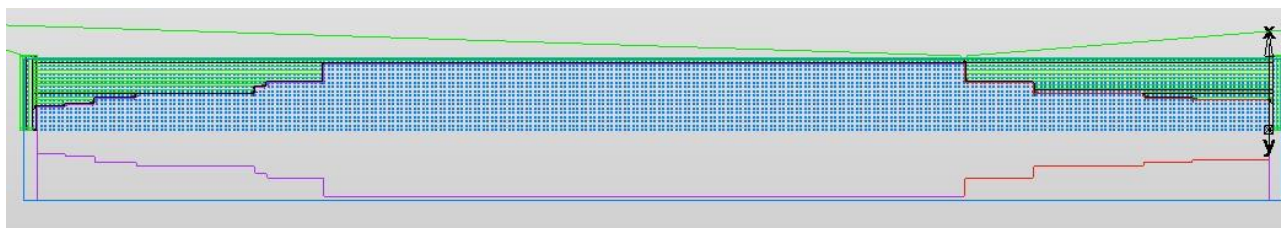


Рисунок 4.9 – Траєкторії переміщень інструментів

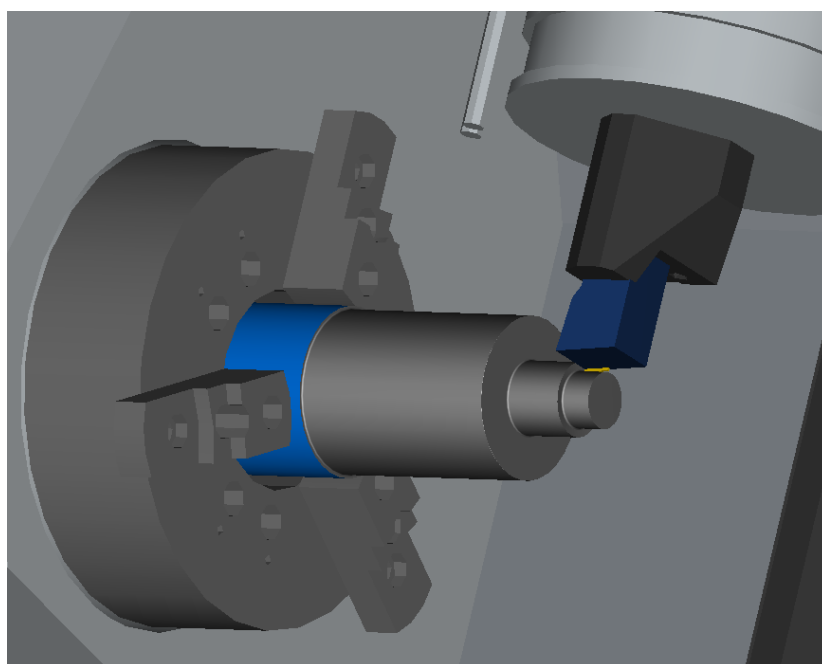


Рисунок 4.10 – Симуляція обробки на верстаті

Фрагмент керуючої програми:

```

O0100 ( Вал )
N10 G00 G99
N20 G28 U0 W0
( ТОРЕЦІ ROUGH FACE SW_Turn_80m_
N40 G00 T0101 M08
N50 G50 S3000
N60 G96 S365 M04
N70 G00 X169.0 Z12.025
N80 G01 X-2.0 F0.381
N90 Z16.0
N100 X-1.293 Z16.354
N110 X169.0
N120 G01 Z8.05
N130 X-2.0
N140 Z12.025
N150 X-1.293 Z12.379
N160 X169.0
N170 G01 Z4.075
N180 X-2.0
N190 Z8.05
N200 X-1.293 Z8.404 |
N210 X169.0
N220 G01 Z0.1
N230 X-2.0
N240 Z4.075
N250 X-1.293 Z4.429
N260 Z19.0
( FINISH ТОРЕЦІ )
N280 G50 S3000
N290 G96 S487 M04
N300 G00 X171.0 Z19.0
N310 Z0.
N320 G01 X-2.0 F0.152
N330 X3.657 Z2.828
N340 Z19.0
( ROUGH ТОЧЕНИЕ1 )

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ

Арк.

(ROUGH ТОЧЕНИЕ1)	N530 Z-1081.0
N360 G50 S3000	N540 G01 X155.2
N370 G96 S365 M04	N550 G03 X155.192 Z-1081.09
N380 G00 X169.0 Z19.0	N560 G01 X155.006 Z-1082.15
N390 X171.0 Z3.778	N570 X155.2
N400 X155.2	N580 X155.907 Z-1081.804
N410 G01 Z-1082.158 F0.381	N590 X159.907
N420 X165.0	N600 Z3.778
N430 X165.707 Z-1081.804	N610 G01 X137.6
N440 Z3.778	N620 Z-333.9
N450 G01 X146.4	N630 X146.4
N460 Z-333.9	N640 X147.107 Z-333.546
N470 X151.0	N650 Z3.778
N480 G03 X152.556 Z-334.222	N660 G01 X128.8
N490 G01 X154.556 Z-335.222	N670 Z-333.9
N500 G03 X155.2 Z-336.0	N680 X137.6
N510 G01 X155.907 Z-335.646	N690 X138.307 Z-333.546
N520 X159.907	

4.3 Вибір ріжучого та допоміжного інструменту.

Чорнове підрізання торця та чорнове точіння:

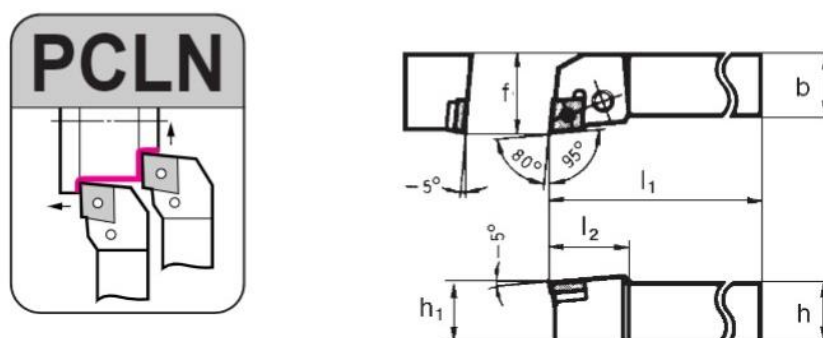


Рисунок 4.11 – Державка PCLN R 2525 M19 [1, с. 122]

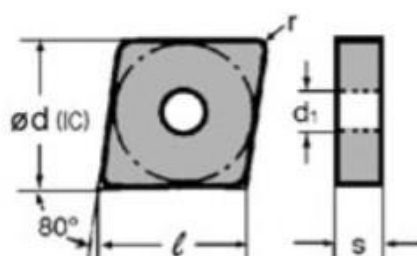


Рисунок 4.12 – Пластина CNMM 190612 N-HG [1, с. 67]

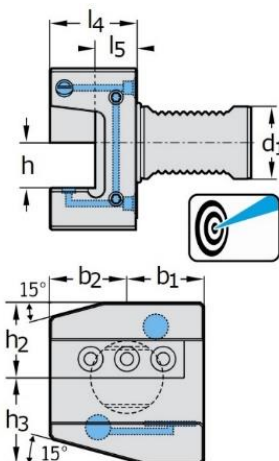


Рисунок 4.13 – Допоміжний інструмент A2121-V50-25R-100-P [5]

Напівчистове точіння:

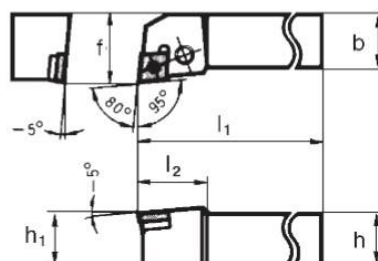
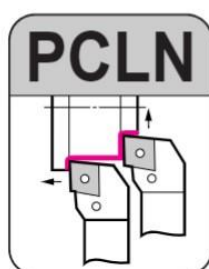


Рисунок 4.14 – Державка PCLN R 2525 M12 [1, с. 122]

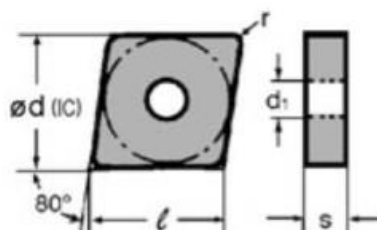


Рисунок 4.15 – Пластина CNMG 120408 N-GU [1, с. 65]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Чистове точіння:

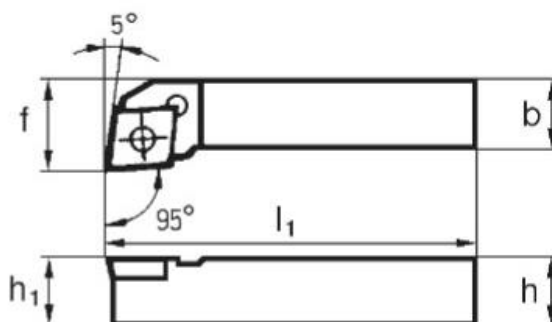
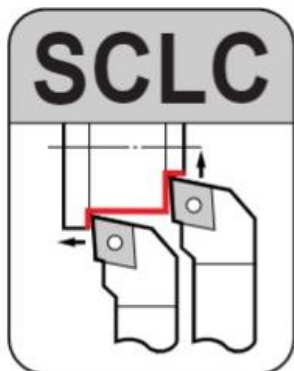


Рисунок 4.16 – Державка SCLC R 2525 M12 [1, с. 122]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ

Арк.

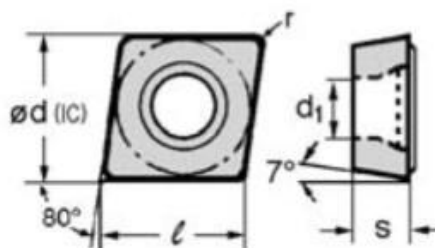


Рисунок 4.17 – Пластина CMT 09T304 N-SU [1, с. 90]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Шліфування:

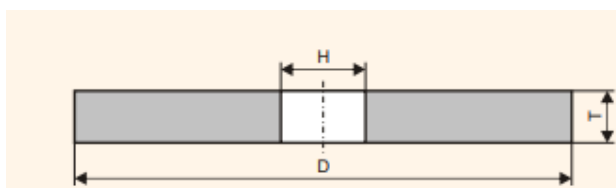


Рисунок 4.18 – 1 32x10x6 25A630O5V50AA1 [4, с. 115]

Чистове точіння:

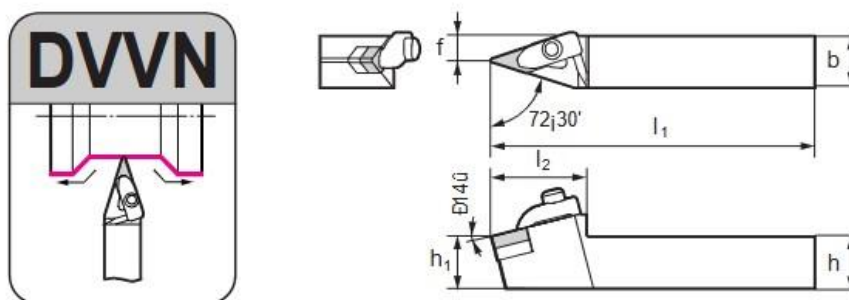


Рисунок 4.19 – Державка DVVN N 2525 M16 [1, с. 120]

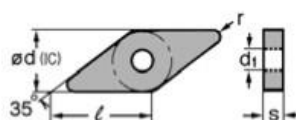


Рисунок 4.20 – Пластина VNMG 160408 NGU [1, с. 84]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Точіння канавок:

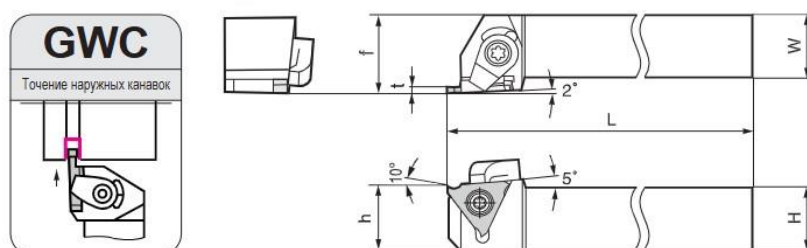


Рисунок 4.21 – Державка GWC R 2525-35 [1, с. 172]

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

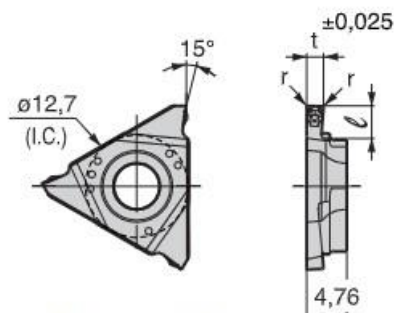


Рисунок 4.22 – Пластина TGA R 4400BF [1, с. 171]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Точіння канавок:

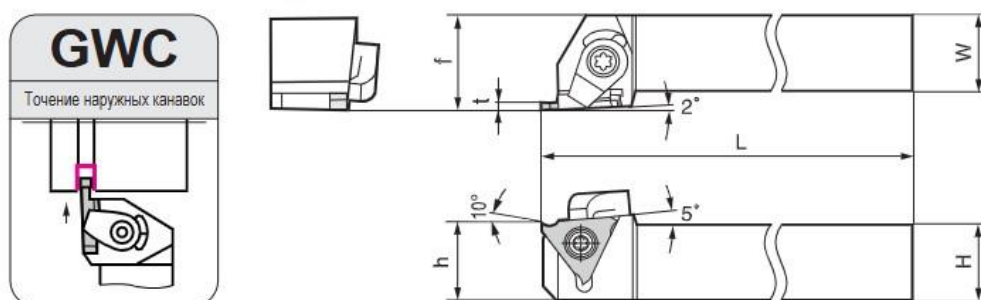


Рисунок 4.23 – Державка GWC R 2525-25 [1, с. 172]

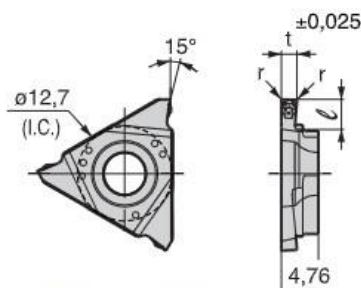


Рисунок 4.24 – Пластина TGA R 4200BF [1, с. 171]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Точіння канавок:

Державка (Рисунок 4.21) GWC R 2525-35 [1, с. 172]

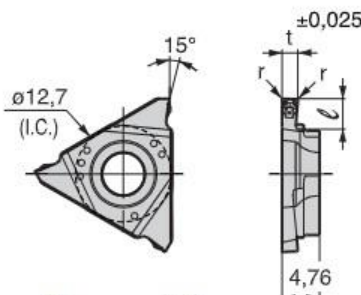


Рисунок 4.25 – Пластина TGA R 4300BF [1, с. 171]

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Точіння канавок:

Державка (Рисунок 4.21) GWC R 2525-35 [1, с. 172]

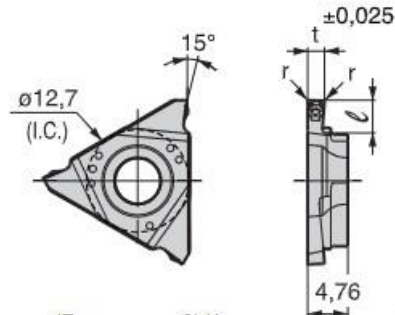


Рисунок 4.26 – Пластина TGA R 4250BF [1, с. 171]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Точіння канавок:

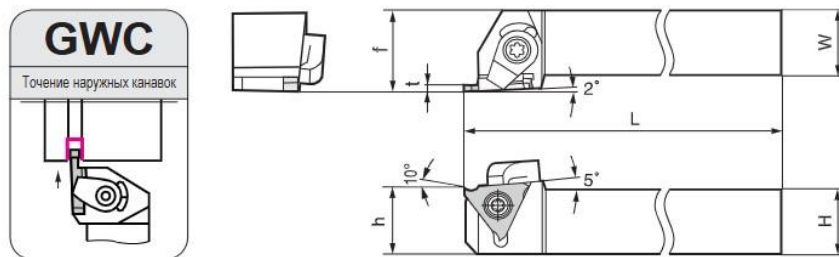


Рисунок 4.27 – Державка GWC R 2020-25 [1, с. 172]

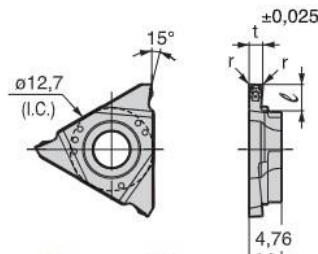


Рисунок 4.28 – Пластина TGA R 4150BF [1, с. 171]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V30-20R-070-P [5]

Фрезерування пазів:

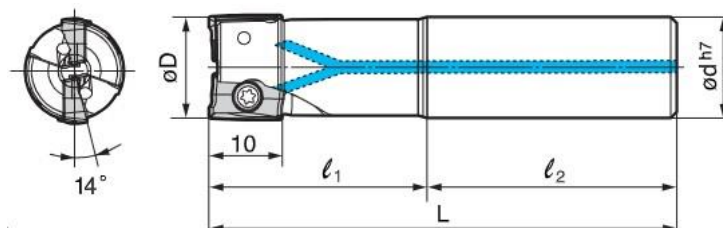


Рисунок 4.29 – Кінцева фреза зі змінними пластинами Корпус WEX 2014 E [1, с. 214]

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

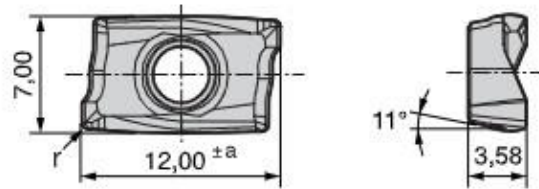


Рисунок 4.30 – Пластина AXMT 123504 PEER-G [1, с. 214]

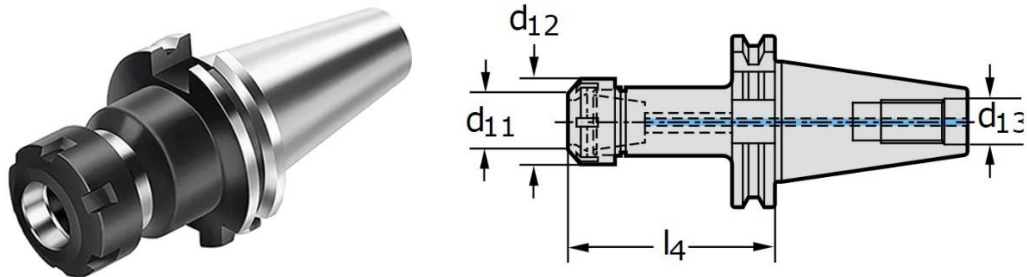


Рисунок 4.31 – Допоміжний інструмент цанговий патрон AK300.S40.100.ER32 [5]

Фрезерування пазів:

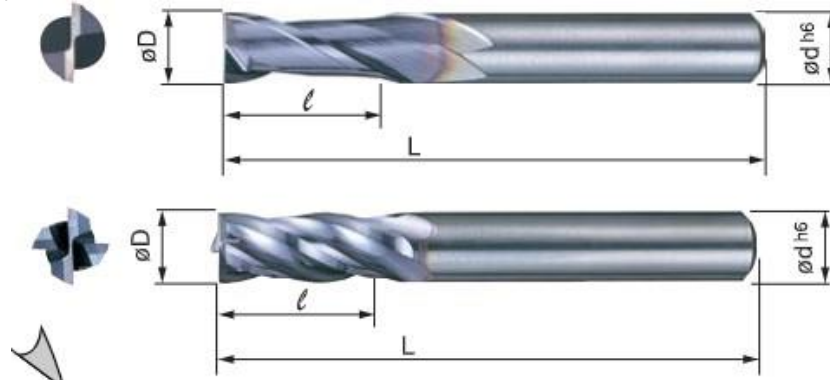


Рисунок 4.32 – Кінцева фреза: GLM 2040 SF [1, с. 241]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.31) цанговий патрон
AK300.S40.100.ER32 [5]

Свердління:

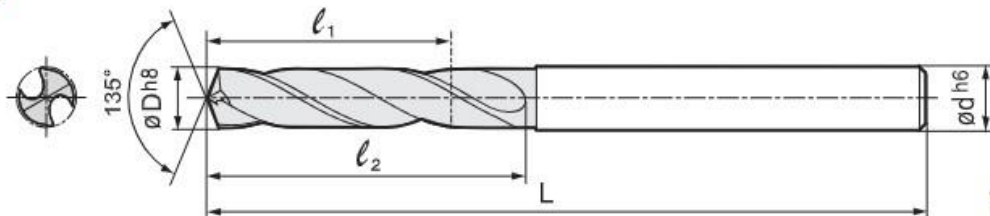


Рисунок 4.33 – Монолітне твердосплавне свердло MDW 0550 GS2 з покриттям DEX TiAlCr [1, с. 272]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.31) цанговий патрон
AK300.S40.100.ER32 [5]

Нарізування різьби:

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.34 – Мітчик накатний DIN 2174 HSSE-Co 5 VAP [2, с. 161]

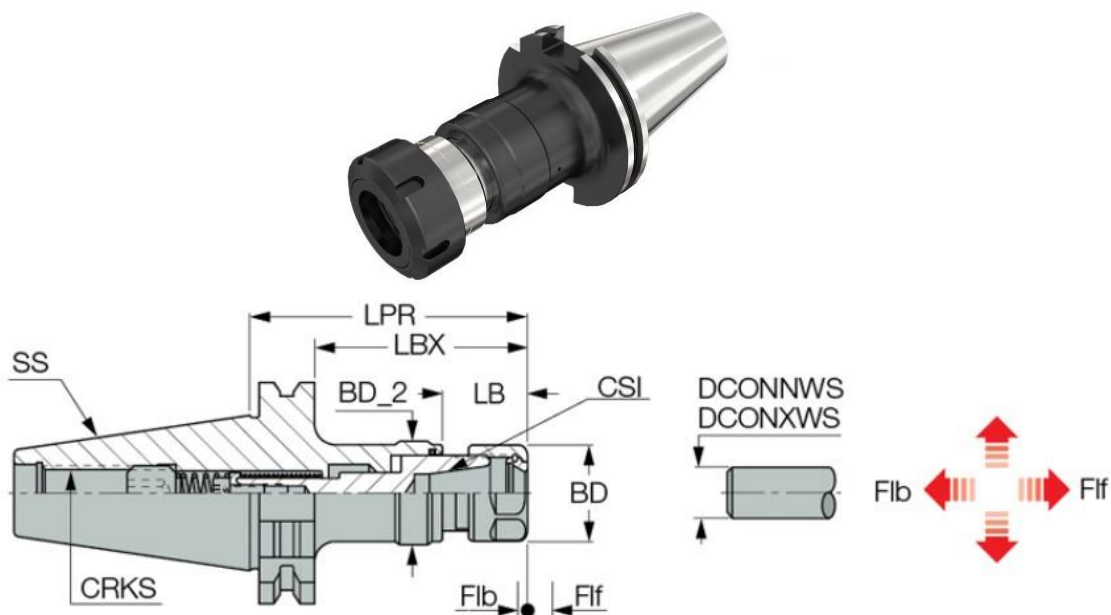


Рисунок 4.35 – Цанговий патрон GTI DIN69871 40 ER32 [6]

Нарізування різьби:

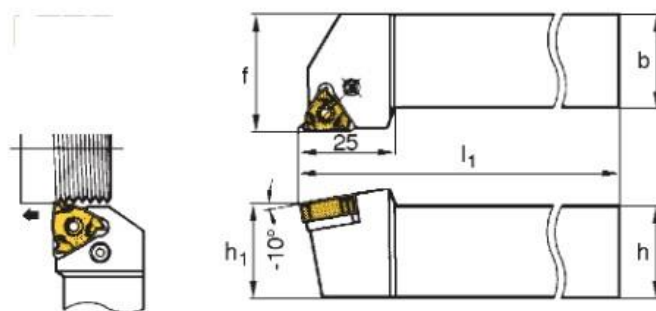


Рисунок 4.36 – Державка LTER 2020 [1, с. 182]

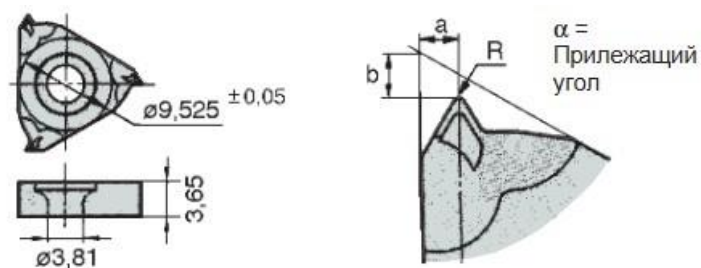


Рисунок 4.37 – Пластина TME 200 R [1, с. 182]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ

Арк.

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.13) A2121-V50-25R-100-P [5]

Свердління:

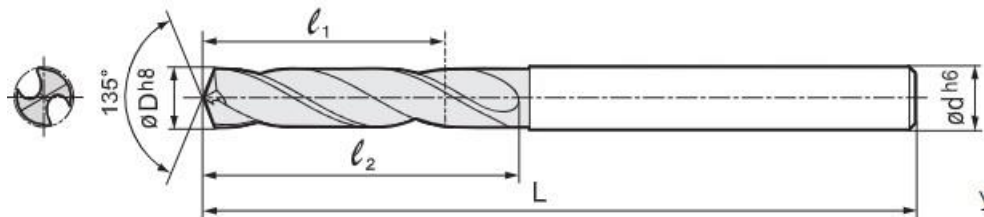


Рисунок 4.38 – Монолітне твердосплавне свердло MDW 0350 GS2 з покриттям DEX TiAlCr [1, с. 272]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.21) цанговий патрон AK300.S40.100.ER32 [5]

Нарізування різьби:



Рисунок 4.39 – Мітчик накатний DIN 2174 HSSE-Co 5 VAP [2, с. 161]

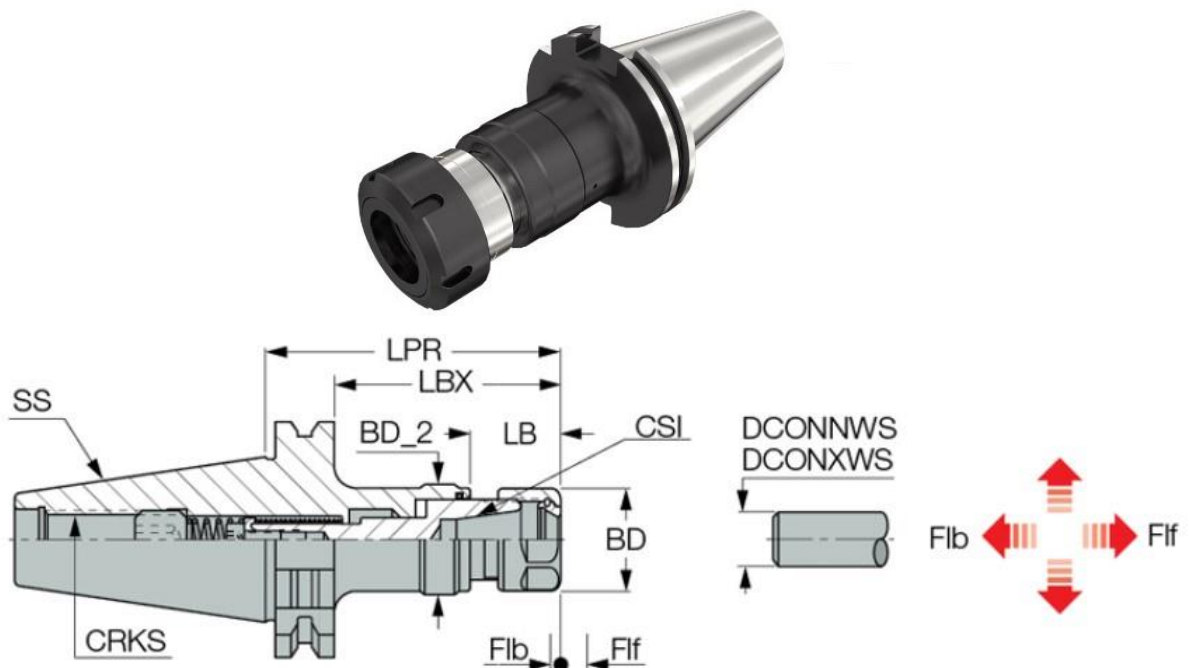


Рисунок 4.40 – Цанговий патрон GTI DIN69871 40 ER32 [6]

Свердління:

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

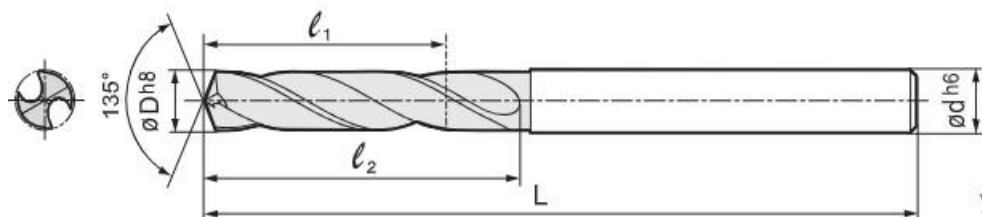


Рисунок 4.41 – Монолітне твердосплавне свердло MDW 0600 GS2 з покриттям DEX TIALCr [1, с. 272]

Допоміжний інструмент (Рисунок 4.21) цанговий патрон
AK300.S40.100.ER32 [5]

					КНУ, КМР.131.25.2-03.04.МПОМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування верстатного оснащення

5.1.1 Технічне завдання

Створити спеціалізоване пристосування для операції фрезерування.
Ескіз механічної обробки деталі зображено на рисунку 5.1.

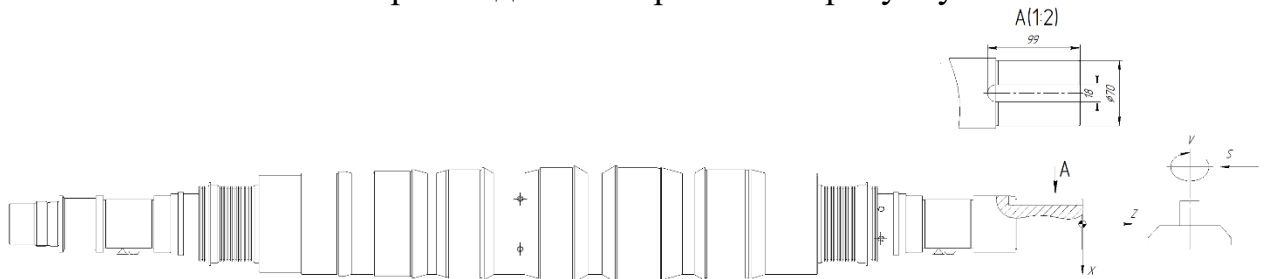


Рисунок 5.1 – Ескіз обробки

5.1.2 Режими різання при фрезеруванні та інструмент

Інструмент – кінцева фреза *GSH8160SF* ($D = 16, l = 32, L = 90, \phi d = 16$).

Пристосування зібрано з двох стандартних опорних призм, упору та затискача. Для кріплення всіх елементів на столі користуємося пазовими болтами та гвинтами.

$$P_3 = \frac{2 \cdot K \cdot H}{D_3 \cdot (f_2 + f_1 / \sin 0.5\alpha)} = \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 401.07}{70 \cdot (0.16 + 0.16 / \sin 45)} = 44,5 \text{ кН} \quad (5.1)$$

$D_0 = 2$ - коефіцієнт запасу.

$f_1 = f_2 = 0.16$ - коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовлі з опорами

$D_3 = 70$ мм - цедіаметр оброблюваної заготовки.

$$H = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0.0345 \cdot 50^2 \cdot 0.384^{0.8} \cdot 1 = 401.07 \text{ Н / м} \quad (5.2)$$

$$C_m = 0.0345; D = 50; q = 2; y = 0.8; S = 0.48 \cdot 0.8 = 0.384; K_p = 1$$

Сила різання - осьова сила

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 50 \cdot 0.384^{0.7} = 17398.5 \text{ Н} = 17,4 \text{ кН}$$

$$C_p = 68; q = 1; y = 0.7; \quad (5.3)$$

$$P_3 \geq P_o$$

$$44,5 > 17,4$$

					<i>КНУ.КМР.131.25.2-03.05.КПВ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Яциб				<i>Конструкторська підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						11
						<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м</i>	
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						

5.1.3 Розробка налагодження для фрезерної операції

Операція виконується на фрезерному верстаті з поздовнім столом Zayer – рисунок 5.2.

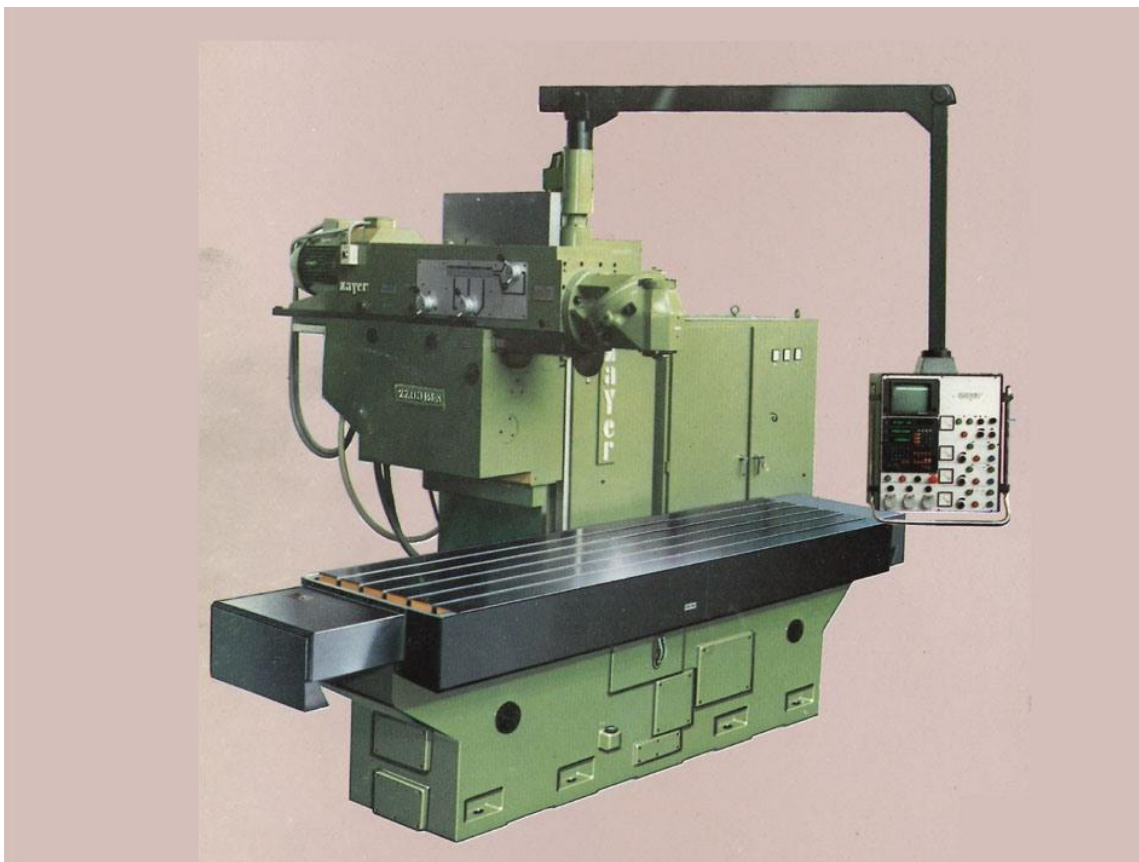


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд фрезерного верстата з поздовнім столом Zayer

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика верстата з Zayer

Параметр		Значення
Переміщення, мм	по осі X	2200
	по осі Y	1000
	по осі Z	1000
Система керування		Heidenhain TNC 360
Частота обертання шпинделя		28>1800
Тип розточувальної головки		ISO 50
Потужність на шпинделі		15
Розміри столу, мм		2200*1000
Маса, кг		12000

5.1.4 Аналіз схеми базування. Аналіз технологічних баз

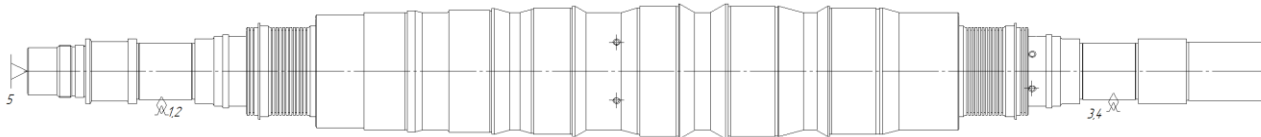


Рисунок 5.3 – Схема базування

					КНУ, КМР.131.25.2-03.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема закріплення дозволяє нам позбавити деталь 5 ступенів вільності.

5.1.5 Розрахунок похибки базування

Рівняння, що дозволяє знайти величину похибки, яка виникає при базуванні виробу за допомогою призми:

$$\delta_{\sigma} = \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) = \frac{0,043}{2} \left(\frac{1}{0,86} - 1 \right) = 0,0015 \text{ мм} \quad (5.4)$$

T_D – допуск на діаметр вала; α – кут призми 120°

5.1.6 Розробка схеми закріплення

Необхідно задати положення і обчислити необхідну величину сили, що фіксує деталь:

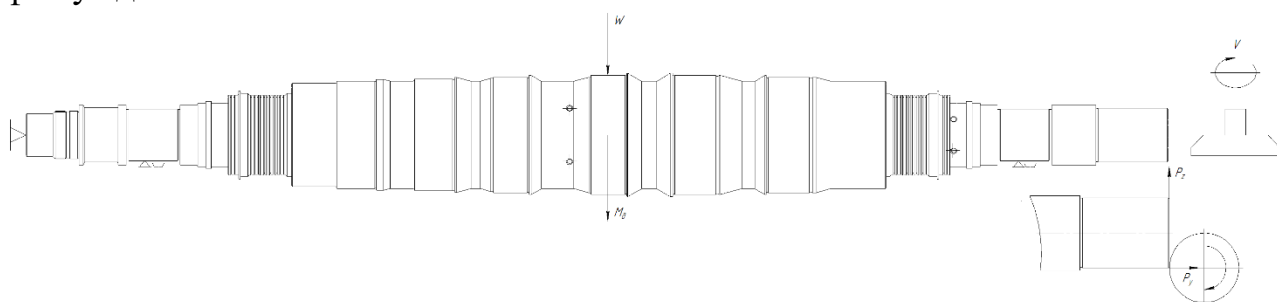


Рисунок 5.4 – Сили, що діють на заготовку при обробці деталі

Проведемо розрахунок сили різання, P_z :

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot 2}{D} = 139 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.5)$$

$$P_z = \frac{M_{кр} \cdot 2}{D} = \frac{139 \cdot 2}{0,12} = 2316,6 \text{ Н} \quad (5.6)$$

Складемо рівняння рівноваги:

$$\sum M_z = 0 \quad F_{mp} \cdot 0,03677 + F_w \cdot (0,095 - 0,045) - M_{пиз} = 0 \quad (5.7)$$

$$F_{mp} = N \cdot f = 1638 \cdot 0,15 = 245,7 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z}{\sin 45^\circ \cdot 2} = \frac{2316,6}{\sin 45^\circ \cdot 2} = 1638 \text{ Н} \quad (5.8)$$

де $F_{тр}$ – сила тертя, що діє на опорних площинах призми.

де $f = 0,15$ – коефіцієнт тертя між сталевими поверхнями;

N – реакція опор призми.

$$F_w = \frac{M_{пиз} - F_{mp} \cdot 0,03677}{0,04} = \frac{139 - 245,7 \cdot 0,03677}{0,04} = 3249 \text{ Н} \quad (5.9)$$

Сила закріплення:

$$W = k \cdot F_w / f = 2 \cdot 3249 / 0,15 = 43320 \text{ Н} \quad (5.10)$$

					КНУ, КМР. 131.25.2-03.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k – коефіцієнт запасу = 2.

5.1.7 Визначення похибки встановлення пристосування на верстаті

Помилка позиціонування деталей, спричинена пристосуванням:

$$\delta_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\delta_{\theta}^2 + \delta_{\text{ус.ел.}}^2 + \delta_{\text{зм.ел.}}^2 + \delta_{\text{зн.}}^2} = 1 \cdot \sqrt{0,018^2 + 0,022^2 + 0,0015^2 + 0,01^2} = 0,03 \text{ мм} \quad (5.10)$$

$\delta_{\text{ус.ел.}}$ - похибка призм максимальний зазор між шпонками в призмах і пазами в плиті $S_{\text{max}} = 0.018 \text{ мм}$

$\delta_{\text{зм.ел.}}$ - похибка змінних елементів зазор між установленою шпонкою та пазом в столі верстата $S_{\text{max}} = 0.022 \text{ мм}$

$\delta_{\text{зн.}}$ - похибка зношення приблизно 0.01 мм

K – коефіцієнт відхилення 1-1,2.

Можемо зробити висновок, що похибка встановлення пристрою на верстат $\delta_{\Sigma} = 0.03 \text{ мм}$, що менше допуску на обробку деталі $T = 0.043 \text{ мм}$, тобто пристосування задовольняє вимогам обробки деталі.

5.2 Проектування контрольного оснащення

На цьому кресленні задані вимоги щодо точності радіального биття шийки валу.

З метою перевірки відповідності встановленим параметрам розробляється спеціальне контрольно-вимірювальне пристосування.

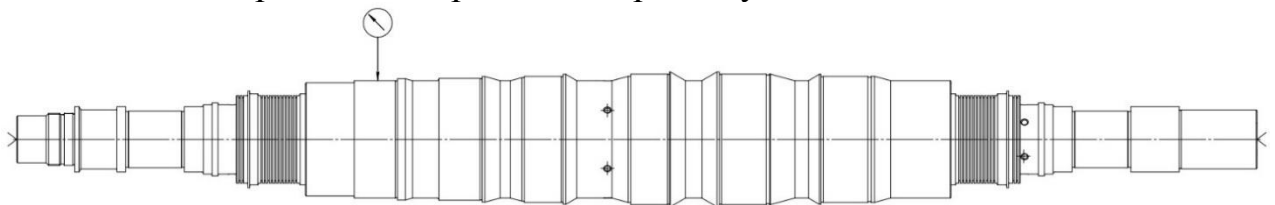


Рисунок 5.5 – Ескіз схеми контролю

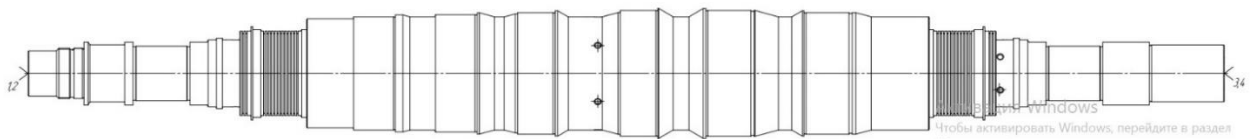


Рисунок 5.6 – Ескіз схеми базування деталі при виконанні контролю

5.2.3 Компоновка контрольного пристрою

Здійснюємо проектування схеми розміщення контрольного пристосування, в якій обов'язково вказуються ключові параметри: загальні габарити, розміри для монтажу і основні сполучувані розміри (рисунок 5.7).

Встановлення деталі «вал» у технологічному оснащенні виконується за центральними отворами. При цьому використовується фіксований (базовий) центр і зміщений центр, функціонально призначений для монтажу та демонтажу оброблюваної деталі.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь центрується за допомогою бабок, жорстко зафіксованих на вимірювальній плиті. Для точного моніторингу величин радіального і торцевого биття застосовуються цифрові індикаторні головки ІЧЦ-13 0-13х0.01 мм IP65, які монтуються у вимірювальних стійках, також встановлених на плиті. Для виконання вимірювання потрібно вручну повернути деталь і зафіксувати дані, що відображаються на індикаторах.

З урахуванням параметра контролю приймаємо контрольний прилад ІЧЦ-13 0-13х0.01 мм IP65. Індикатор має спеціальний звужений дизайн для покращення можливостей установки станда та скоби.

Основні технічні характеристики контрольного приладу:

- тип контрольного приладу цифровий із ступенем пило - та волого захисту;
- діапазон вимірювання 0 - 13;
- дискретність цифрової шкали 0,001 / 0,00005;
- найбільша похибка $\pm 0,010$;
- дискретність відліку 0.01мм;
- Вивід даних USB;
- Індикація цифрова;
- Захист IP - 65

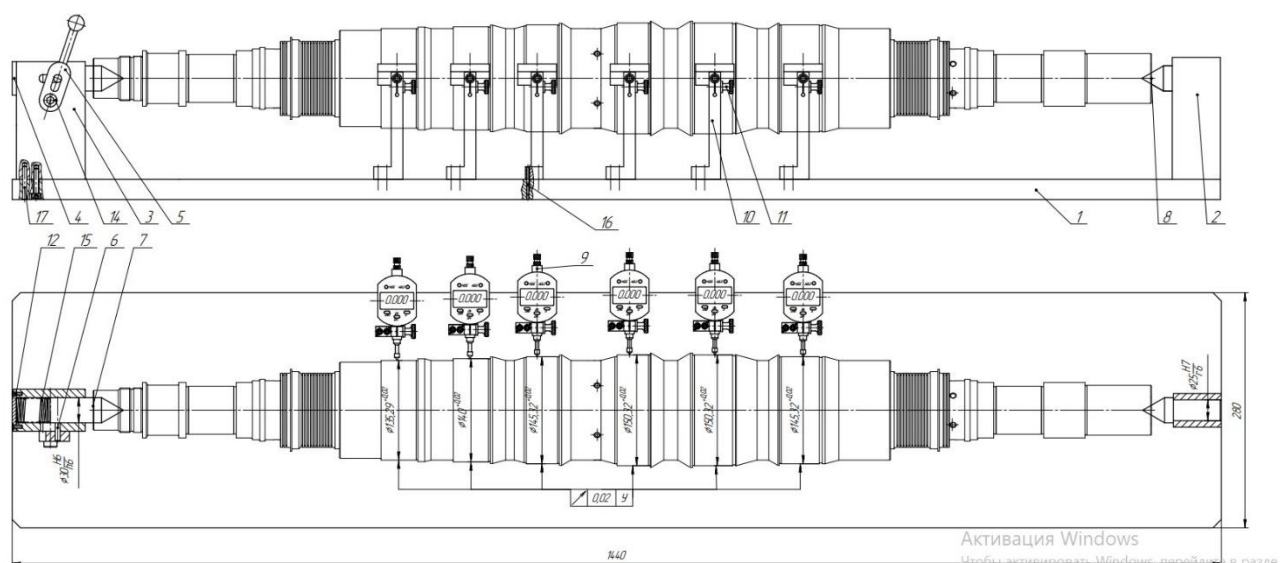


Рисунок 5.7 – Ескіз компоновки контрольного пристрою

5.2.4 Розрахунок точності контрольного пристрою

Сумарна похибка визначається розрахунково-аналітично. Вимірювання проводиться ручним прокручуванням деталі та зняттям показань з індикаторів.

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{л.р.}} + \Delta_{\text{п.п.}} + \Delta_{\text{у.е.}} + \sqrt{\Delta_{\theta}^2 + \Delta_{\text{def}}^2 + \Delta_{\theta}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{ін}}^2} \quad (5.11)$$

де $\Delta_{\text{л.р.}}$ – похибка лінійних розмірів, мм;

$\Delta_{\text{п.п.}}$ – похибка передаючих пристроїв важелів, мм;

$\Delta_{\text{у.е.}}$ – похибка виготовлення установчих елементів, мм;

Δ_{θ} – похибка базування, мм;

					КНУ, КМР.131.25.2-03.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta_{\text{деф}}$ – похибка, яка викликана деформацією деталі, мм;

$\Delta_{\text{в}}$ – випадкова похибка, мм;

$\Delta_{\text{з}}$ – похибка закріплення, мм;

$\Delta_{\text{ін}}$ – похибка вимірювального приладу, мм.

За даних умов, де конструкторська база служить також вимірювальною (похибка базування буде дорівнювати 0), і при припущенні жорсткості деталі та незначних сил закріплення, загальна похибка вимірювання формується виключно випадковими відхиленнями та інструментальною похибкою.

Допустима похибка вимірювання 7 мкм

Розрахунок допустимої похибки вимірювання проводиться за такою формулою:

$$[\Delta] = (0,08 \div 0,3) \cdot T \quad (5.12)$$

де T – допуск на вимірювальний параметр, мм.

В нашому випадку $T = 0,0015 \text{ мм}$

$$\Delta = 0,15 \cdot 0,0015 = 0,000225 \text{ мм}$$

Для визначення загальної похибки вимірювання використовується така розрахункова формула:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{в}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2} \quad (5.13)$$

Визначимо випадкову похибку:

$$[\Delta] = (0,03 \div 0,05) \cdot T \quad (5.14)$$

де T – допуск на вимірювальний параметр, мм.

$$\Delta = 0,05 \cdot 0,0015 = 0,00075 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,000225^2 + 0,00075^2} = 0,00075 \text{ мм} = 0,75 \text{ мкм} < 7 \text{ мкм}$$

Оскільки загальна похибка вимірювання не перевищує встановленого допуску, дане пристосування є придатним для контролю заданого параметра.

					КНУ, КМР. 131.25.2-03.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Формування вихідних параметрів робочої ділянки

Проектування механоскладальної ділянки – це процес стратегічного планування та організації виробництва, що об'єднує етапи механічної обробки компонентів та їх подальшого складання у функціональні вузли з метою досягнення максимальної ефективності.

В рамках проектування здійснюється деталізація та організація трьох ключових напрямків: техніко-технологічної бази (склад і обсяг обладнання), людських ресурсів (розрахунок необхідного штату) та виробничої інфраструктури (планування та компонування цехових площ).

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі:

$$T_P = T_{\text{шт.к.}} \cdot N \quad (6.1)$$

де $T_{\text{шт.к.}}$ – штучно - калькуляційний час операції, год ;

N – програма випуску, шт .

Для наданих операцій назначаються моделі верстатів.

Розрахунки по визначенню трудомісткостей виготовлення деталей представленні в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Розрахунки трудомісткості виготовлення деталей

Модель верстата	Операція	Тр, (хв.)
OEM CK61100	010	40×10=400
OEM CK61100	020	60×10=600
OEM CK61100	025	60×10=600
Zayer	030	55×10=550
KARGO 20L	035	30×10=300

Формула, яка використовується для визначення необхідної кількості основного технологічного обладнання, виглядає наступним чином:

$$S_P = \frac{T_P}{60 \cdot F_0 \cdot m \cdot \eta_z} \quad (6.2)$$

де F_0 — річний дійсний фонд роботи обладнання, год ;

m — кількість змін вибирається згідно програми випуску ;

η_z — нормований коефіцієнт навантаження, $\eta_z = 0,8$.

Прийнята кількість обладнання - найближче більше ціле число $S_{\text{п}}$.

Визначення коефіцієнту завантаження верстатів:

					КНУ.КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Яців				Організаційно-економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						11
Н. Контр.	Нечасів					Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м	
Затверд.	Рязанцев						

$$\eta = \frac{S_P}{S_{\Pi}} \cdot 100\% \quad (6.3)$$

Таблиця 6.2 - Кількість і коефіцієнт завантаження технологічного обладнання

Модель верстата	T_P	S_P	S_{Π}	$\eta, \%$
OEM CK61100	400	$400/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,002$	1	$(0,002/1) \cdot 100 = 0,2$
OEM CK61100	600	$600/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,0015$	1	$(0,0015/1) \cdot 100 = 0,15$
OEM CK61100	600	$600/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,0015$	1	$(0,0015/1) \cdot 100 = 0,15$
Zayer	550	$550/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,002$	1	$(0,002/1) \cdot 100 = 0,2$
KARGO 20L	300	$300/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,003$	1	$(0,003/1) \cdot 100 = 0,3$

Визначаємо загальну кількість обладнання:

$$n = \sum S_p = 5шт. \quad (6.4)$$

Визначимо середній коефіцієнт завантаження:

$$\eta^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta}{n} \quad (6.5)$$

$$\eta^{cp} = \frac{0,002 + 0,0015 + 0,0015 + 0,002 + 0,003}{5} = 0,0022$$

Визначення трудомісткості складання: $T_{ск} = 600 \cdot 0,5 = 300$

Проведемо розрахунок кількості верстатників даної професії:

$$R_o = \frac{T_P}{F_r \cdot k_M} \quad (6.6)$$

де T_P – річна трудомісткість робіт для даного типу обладнання;

F_r – дійсний річний фонд часу робітника;

K_M – коефіцієнт багатOVERстатності.

Число основних працівників приймаємо найближчим більшим цілим числом.

Результати розрахунку приводимо у таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 - Необхідна кількість верстатників

Верстат	T_P	k_M	Кількість працюючих	
			Розрахункова	Прийнята
OEM CK61100	400	2	0,10	1
OEM CK61100	600	2	0,161	1
OEM CK61100	600	2	0,161	1
Zayer	550	2	0,147	1
KARGO 20L	300	2	0,080	1

Кількість робочих складального відділення визначається по трудомісткості складальних робіт:

$$R_{ск} = \frac{T_{ск}}{F_r} \quad (6.7)$$

$$R_{ск} = \frac{300}{1860} = 0,16 \approx 1$$

де $T_{ск}$ - трудомісткість складання;

F_r - дійсний річний фонд роботи робочого год. .

Приймається найближче більше ціле число.

Проведемо розрахунок чисельності допоміжних працівників:

Чисельність допоміжного персоналу встановлюється як п'ятдесят відсотків від загальної кількості основних робітників. Таким чином, це буде становить 2,5 людини, що округлюється до трьох штатних одиниць.

Допоміжний персонал поділяється на дві основні групи:

обслуговування обладнання забезпечується двома фахівцями (що еквівалентно 60% від необхідної чисельності): 1 налагоджувальник та 1 кранівник.

серед співробітників, які не обслуговують обладнання (частка яких становить 40%), виділено одну штатну одиницю — контролер ВТК.

Кількість ІТР складає 10–15% загальної кількості основних та допоміжних робочих. Це буде дорівнювати 1 людина.

Чисельність обслуговуючого персоналу визначена як 3% від загального штату, що становить 1 людину.

Розрахунки заносимо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Зведена відомість загальної кількості працюючих у цеху

Категорія службовців		Всього	У % відношенні від кількості основних працюючих	По змінам
Виробничі працівники		5		5
Допоміжні	Контролер	1	50%	1
	Наладчик	1		1
	Крановщик	1		1
Складальник		1		1
МОП		1	3%	1
ІТП		1	12%	1
Всього		11		11

Площа, що виділяється під розміщення верстатів, розраховується за укрупненими показниками на основі загальної кількості одиниць основного технологічного обладнання та їх проекційних габаритів:

$$S = n \cdot S_c \quad (6.8)$$

					КНУ, КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де n – кількість верстатів, шт;

S_c – площа, зайнята верстатом, m^2 ;

Верстат Zauey з габаритними розмірами 4500x2800 займає площу $15 m^2$

Верстат OEM SK61100 з габаритними розмірами 3800x2200 займає площу $15 m^2$

Верстат KARGO 20L з габаритними розмірами 7000x3300 займає площу $15 m^2$

Тоді загальна верстатна площа: $S_{заг} = 15 + 15 + 15 + 15 + 15 = 75 m^2$

Визначення допоміжних площ:

Площа для складання: $S_{ск} = 0,5 \cdot 90 = 45 m^2$

Площа для стружки: $S_{стр} = 50 m^2$

Площа для майстра: $S_m = 16 m^2$

Площа контрольного пункту: $S_{кп} = 10 m^2$

Площа дільниці: $S_{діл} = S_{осн} + S_{доп} = 75 + 121 = 196 m^2$

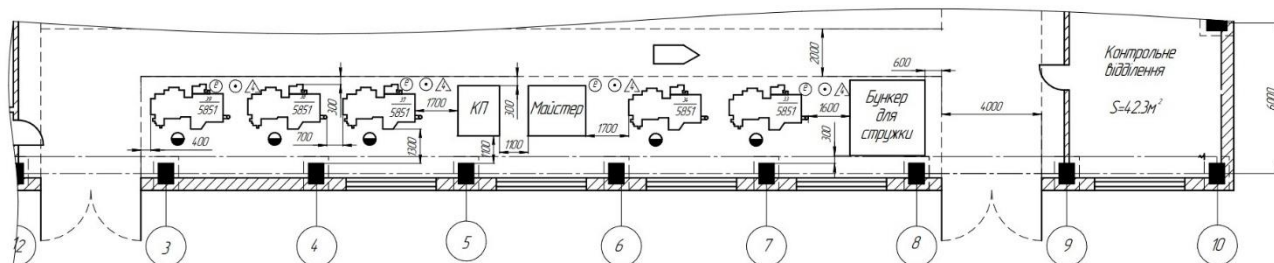


Рисунок 6.1 – Креслення робочої дільниці

6.2 Охорона праці та екологія виробництва при куванні та штампуванні

6.2.1 Охорона навколишнього середовища при куванні та штампуванні

Ключовим джерелом навантаження на навколишнє середовище є матеріальне виробництво. Отже, кожне підприємство зобов'язане суворо дотримуватися екологічних вимог, активно застосовуючи найдосконаліше обладнання та технології. Основна мета — запобігти забрудненню та усунути негативні фізичні впливи (шум, вібрацію, випромінювання).

Заходи з охорони навколишнього середовища, що проводяться в ковальсько-штампувальному виробництві, визначаються його специфікою: цехи цього виробництва відносяться до об'єктів, які активно впливають на навколишнє середовище. Робота обладнання та виконання технологічних процесів кування та штампування супроводжуються виділенням великої кількості теплоти, газів, шумом та вібраціями. Теплоту виділяють печі, гарячі заготовки, поковки, нагріта при охолодженні обладнання вода; молоти при деформуванні металу створюють великий шум та викликають вібрацію ґрунту. Робота печей неминуче пов'язана з викидом в атмосферу продуктів згоряння. Разом з відпрацьованими газами та водою в атмосферу та стічні води потрапляють шкідливі відходи, до яких відносяться чадний газ, вуглекислий газ, пил, сажа, мінеральні масла та ін.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до існуючих вимог щодо охорони природи сучасні заводи оснащуються засобами очищення від шкідливих домішок у стічних водах та газах, що відходять. Відпрацьована в ковальському цеху вода після обробки в цехових первинних відстійниках каналізації прямує на очисні споруди заводу. Очищення здійснюють різними способами - механічним, хімічним, фізико-хімічним та біологічним.

Очищення механічним способом проводиться з допомогою решіток, фільтрів, відстійників, центрифуг та інших. Відстійники служать осадження механічних частинок, що у стічній воді. Для видалення з води забруднень у вигляді нафтопродуктів встановлюють нафтовик з фільтраційними камерами.

Хімічний спосіб застосовують для обробки води із стоків травильних відділень; він полягає в нейтралізації лугів та кислот, що використовуються при очищенні поковок.

Фізико-хімічний спосіб очищення заснований на таких процесах, як випарювання, кристалізація, адсорбція та ін.

Біологічний спосіб очищення полягає у фільтрації, обробці в біологічних ставках та біологічних фільтрах.

Вибір способу очищення та потужність очисних споруд залежать від технологічних процесів, виду та кількості відходів, концентрації в них домішок. Очищення стічних вод слід поєднувати із системою водопостачання по замкнутому циклу. Очищення відпрацьованих газів повинно запобігати забрудненню повітряного басейну. Для зменшення вмісту шкідливих домішок у газах, що відходять, і пилу у молотів і пресів використовують установки місцевої вентиляції, герметизацію печей. Для збору пилу застосовують пилоосаджувальні камери, фільтри різних конструкцій та пиловідділювачі (відцентрові, інерційні, електростатичні та ін.).

При розробці засобів захисту природи від шкідливих відходів виробництва одночасно вирішуються питання утилізації та використання уловленого пилу, нафтопродуктів, газів, а також використання теплоти газів, що відходять, та гарячої води для опалення різних будівель.

6.2.2 Безпека праці при куванні та штампуванні

Безпека праці забезпечується комплексом заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Робота з гарячим металом у ковальсько-штампувальних цехах пов'язана з певною небезпекою на робочій ділянці. Інтенсивний транспортний рух на території заводу, використання електроенергії високої напруги, стиснутого повітря, високотемпературної гарячої пари – все це також створює додаткову небезпеку для здоров'я та життя працюючих. Служба безпеки та охорони праці на підприємстві стежить за тим, щоб усі робочі місця та умови праці відповідали відповідним санітарним та технічним нормам. При цьому велике значення має пропаганда знань правил, які забезпечують безпеку праці. Ці правила, що викладаються у відповідних інструкціях, визначають порядок та умови виконання працюючими відповідних операцій. Знову вступника на підприємство допускають у цех тільки після проходження ним інструктажу та ознайомлення з

					КНУ, КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимогами та прийомами безпечної роботи. Перед тим як розпочати свої обов'язки, працівник повинен пройти інструктаж на робочому місці. Цей інструктаж проводить майстер, який також контролює виконання вимог безпеки.

Для боротьби з травматизмом у ковальсько-штампувальному виробництві необхідно проводити наступні заходи:

- застосовувати досконалі запобіжні пристрої та огороження небезпечних зон, у тому числі струмопровідних частин обладнання та пускової апаратури; забезпечувати їхнє надійне заземлення;
- систематично контролювати стан обладнання та штампів, утримувати у справності допоміжний ковальський інструмент та своєчасно виконувати планово-попереджувальний ремонт ;
- забезпечувати раціональну організацію робочих місць, утримувати в належному порядку проходи та проїзди;
- раціонально виконувати всі операції технологічного процесу, контролювати прийоми та методи ведення робіт;
- стежити за правильним використанням спецодягу та індивідуальних захисних засобів, своєчасним їх ремонтом та заміною;
- вживати заходів для захисту від вибуху при роботі газових печей шляхом встановлення автоматичного блокування для відключення подачі природного газу при зниженні його тиску в мережі, внаслідок чого утворюється вибухонебезпечна суміш;
- суворо дотримуватися правил пожежної безпеки.

Різні пристрої, що застосовуються в ковальсько-штампувальному виробництві для механізації та автоматизації праці, полегшують останній і підвищують його безпеку, оскільки функції робітника при цьому зводяться до контролю за роботою машин, і він може бути поза небезпечною зоною. Однак при цьому слід враховувати і те, що самі ці пристрої, наприклад, промислові роботи , можуть бути джерелами небезпеки для працюючого.

При куванні на молотах необхідно стежити за надійністю кріплення та станом бойків, попереджати утворення в них тріщин, раковин та вибоїн. Потрібний повсякденний контроль за станом молотів, особливо систем управління. Сальники молотів не повинні пропускати пару, конденсат. Відпрацьовані пар та конденсат відводять за межі цеху. Пароповітряні та пневматичні молоти постачають показниками граничного опускання баби, що допускається найнижчим положенням поршня в циліндрі. Поршень повинен бути так насаджений на шток, щоб унеможлилювалася їх роз'єднання в процесі роботи.

Для профілактики травматизму та нещасних випадків обов'язково суворе дотримання дисципліни та правил поведінки на підприємстві. У необхідних випадках працівники підприємств повинні вміти надати першу допомогу постраждалим.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

					КНУ, КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зробимо обчислення техніко-економічної собівартості обробки під час впровадження верстатів із числовим програмним керуванням замість універсальних верстатів. Базові варіанти: ДИП-300 верстат токарно-гвинторізний універсальний.

Новий варіант: токарний верстат моделі CW6263E

Початкові дані та результати розрахунків наведено на рисунках. Розрахунок економічної ефективності нової техніки виконано під загальною редакцією Великанова.

Вихідні дані для верстата CW6263E:			Вихідні дані для верстата ДИП-300:		
$T_{шк}, \text{хв}$		51,45	$T_{шк}, \text{хв}$		51,45
1) Годинна ставка верстатника 4-го розряду, грн	K_r	100	1) Годинна ставка верстатника 4-го розряду, грн	K_r	75
2) Додаткова зарплата, %	$З_d$	12	2) Додаткова зарплата, %	$З_d$	8
3) Відрахування на соц. страхування, %	$C_{відр.}$	16	3) Відрахування на соц. страхування, %	$C_{відр.}$	14
4) Вартість верстата, грн	$Ц$	80000	4) Вартість верстата, грн	$Ц$	50000
5) Встановлення потужність електродвигунів верстата, кВт	$N_{вст}$	15	5) Встановлення потужність електродвигунів верстата, кВт	$N_{вст}$	11
6) Коефіцієнт, який враховує використання електродвигуна	$K_{е.дв.}$	1,1	6) Коефіцієнт, який враховує використання електродвигуна	$K_{е.дв.}$	1,1
7) Коефіцієнт, який враховує доставку та монтаж верстата	$K_{м.}$	0,6	7) Коефіцієнт, який враховує доставку та монтаж верстата	$K_{м.}$	0,6
8) Вартість електроенергії (грн. за 1 кВт год)	$C_{ел.ен.}$	4,32	8) Вартість електроенергії (грн. за 1 кВт год)	$C_{ел.ен.}$	4,32
9) Дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.	F_d	4020	9) Дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.	F_d	4020
10) Річні витрати на утримання та поточний ремонт верстата (прийняти в розмірі 8 % від вартості обладнання)		8	10) Річні витрати на утримання та поточний ремонт верстата (прийняти в розмірі 8 % від вартості обладнання)		8
11) Норма амортизації, %	N_a	15	11) Норма амортизації, %	N_a	15
12) Середня годинна тарифна ставка наладчика, грн	$C_{г.з.н.}$	80	12) Середня годинна тарифна ставка наладчика, грн	$C_{г.з.н.}$	60
13) Маса деталі, кг	M_d	2	13) Маса деталі, кг	M_d	2
14) Маса заготовки, кг	$M_з$	4	14) Маса заготовки, кг	$M_з$	4

Рисунок 6.2 - Перше вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

Собівартість технологічної операції для верстата CW6263E, грн:											
128,0	30,3	51,8	7,6	0	8,9	4,3	1,9	0,03	2,3	51,45	
$C_{т.о.} = \frac{(H_{з.в.} + H_{з.н.} + H_{с.е.} + H_{д.м.} + H_{пр.} + H_{р.і.} + H_{а.о.} + H_{пл.} + H_{в.і.} + H_{р.о.} \cdot T_{шк}}{60}$											
201,6											

Собівартість технологічної операції для верстата ДИП-300, грн:											
91,5	22,7	38,0	7,6	0	8,9	2,7	1,9	0,03	1,4	51,45	
$C_{т.о.} = \frac{(H_{з.в.} + H_{з.н.} + H_{с.е.} + H_{д.м.} + H_{пр.} + H_{р.і.} + H_{а.о.} + H_{пл.} + H_{в.і.} + H_{р.о.} \cdot T_{шк}}{60}$											
149,9											

Рисунок 6.3 - Друге вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

1. Норматив витрат на оплату праці верстатника для верстата CW6263E $H_{3,в}$

$$H_{3,в} = K_r + Z_d + C_{вдр}$$

128,0	100	12	16
-------	-----	----	----

2. Норматив витрат на оплату праці налагодчика для верстата CW6263E $H_{3,н}$

$$H_{3,н} = C_{г.з.н} \cdot \alpha \cdot K_{д.з} \cdot K_c \cdot K_{пр} \cdot (1/\beta_n)$$

30,3	80	1,14	1,12	1,14	1,3	0,2
------	----	------	------	------	-----	-----

Активация Windows
Чтобы активировать Windows, перейдите на сайт Microsoft.1. Норматив витрат на оплату праці верстатника для верстата ДИП-300 $H_{3,в}$

$$H_{3,в} = K_r + Z_d + C_{вдр}$$

91,5	75	6	10,5
------	----	---	------

2. Норматив витрат на оплату праці налагодчика для верстата ДИП-300 $H_{3,н}$

$$H_{3,н} = C_{г.з.н} \cdot \alpha \cdot K_{д.з} \cdot K_c \cdot K_{пр} \cdot (1/\beta_n)$$

22,7	60	1,14	1,12	1,14	1,3	0,2
------	----	------	------	------	-----	-----

Рисунок 6.4 - Третє вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

3. Норматив витрат на силову електроенергію для верстата CW6263E $H_{с.е}$

$$H_{с.е} = \frac{N_{вст} \cdot K_N \cdot k_{вр}^{дв} \cdot K_{е.дв} \cdot k_{\omega}}{\eta} \cdot C_{ел.ен}$$

15	0,8	0,6	1,1	1,06	4,32
51,8		0,7			

3. Норматив витрат на силову електроенергію для верстата ДИП-300 $H_{с.е}$

$$H_{с.е} = \frac{N_{вст} \cdot K_N \cdot k_{вр}^{дв} \cdot K_{е.дв} \cdot k_{\omega}}{\eta} \cdot C_{ел.ен}$$

11	0,8	0,6	1,1	1,06	4,32
38,0		0,7			

Рисунок 6.5 - Четверте вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

4. Норматив витрат на пристрій $H_{пр}$ враховуються при використанні складних і коштовних пристроїв, тому в даному випадку їх не враховуємо для верстата CW6263E5. Норматив витрат на різальний інструмент для верстата CW6263E $H_{р.і}$

$$H_{р.і} = \frac{(C_i + C_{пер}) \cdot k_{эб} \cdot T_{шк}}{T_{ст} \cdot (k_{пер} + 1)}$$

350	30	1,25	51,45
8,9	45	60	

4. Норматив витрат на пристрій $H_{пр}$ враховуються при використанні складних і коштовних пристроїв, тому в даному випадку їх не враховуємо для верстата ДИП-3005. Норматив витрат на різальний інструмент для верстата ДИП-300 $H_{р.і}$

$$H_{р.і} = \frac{(C_i + C_{пер}) \cdot k_{эб} \cdot T_{шк}}{T_{ст} \cdot (k_{пер} + 1)}$$

350	30	1,25	51,45
8,9	45	60	

Рисунок 6.6 – П'яте вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

					КНУ, КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Норматив витрат на вимірювальний інструмент для верстата ДИП-300 $H_{в.і}$

$$H_{в.і} = \frac{C_{і.в}}{F_d \cdot K_{вр}^o} \cdot k_{т.п}$$

80,2 1

0,03 4020 0,7

$$C_{і.в} = \gamma_{і.в} \cdot \sum_{d=1}^m I_{вd} \cdot C_{і.вd} \cdot k_n$$

80,2 0,25 1 534,8 0,6

$$C_{і.вd} = \frac{(L_{і.вd} \cdot k_{тз} + P_{і.вd} \cdot C_{р.і.мd} + Z_{і.вd} \cdot C_{п.і.вd}) \cdot k_{зб}}{T_{п.і.вd}}$$

180 1,02 9 95 12 35 1,1

534,8 3

6. Норматив витрат на вимірювальний інструмент для верстата CW6263E $H_{в.і}$

$$H_{в.і} = \frac{C_{і.в}}{F_d \cdot K_{вр}^o} \cdot k_{т.п}$$

80,2 1

0,03 4020 0,7

$$C_{і.в} = \gamma_{і.в} \cdot \sum_{d=1}^m I_{вd} \cdot C_{і.вd} \cdot k_n$$

80,2 0,25 1 534,8 0,6

$$C_{і.вd} = \frac{(L_{і.вd} \cdot k_{тз} + P_{і.вd} \cdot C_{р.і.мd} + Z_{і.вd} \cdot C_{п.і.вd}) \cdot k_{зб}}{T_{п.і.вd}}$$

180 1,02 9 95 12 35 1,1

534,8 3

Рисунок 6.7 – Шосте вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

7. Норматив витрат на амортизацію обладнання для верстата ДИП-300 $H_{а.о}$

$$H_{а.о} = \frac{Ц \cdot N_a}{F_d \cdot K_{вр}^o}$$

50000 0,15

2,7 4020 0,7

 $K_{вр}^o$ – коеф. завантаження обладнання, 0,7 – для одиничного, 0,8 – для масового8. Норматив витрат на площу для верстата ДИП-300 $H_{пл}$

$$H_{пл} = \frac{S \cdot k_f \cdot C_{вир.пл}}{F_d \cdot K_{вр}^o}$$

3,91 3,5 400

1,9 4020 0,7

7. Норматив витрат на амортизацію обладнання для верстата CW6263E $H_{а.о}$

$$H_{а.о} = \frac{Ц \cdot N_a}{F_d \cdot K_{вр}^o}$$

80000 0,15

4,3 4020 0,7

 $K_{вр}^o$ – коеф. завантаження обладнання, 0,7 – для одиничного, 0,8 – для масового8. Норматив витрат на площу для верстата CW6263E $H_{пл}$

$$H_{пл} = \frac{S \cdot k_f \cdot C_{вир.пл}}{F_d \cdot K_{вр}^o}$$

3,91 3,5 400

1,9 4020 0,7

Рисунок 6.8 – Сьоме вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

					КНУ, КМР.131.25.2-03.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Норматив витрат на допоміжні матеріали для верстата CW6263E $H_{д.м}$

Витрати на допоміжні матеріали складають 4% від вартості основних матеріалів $H_{о.м}$

! Приймаємо матеріал деталі – **сталь 45**

$$H_{о.м} = M_3 \cdot C_{м} - M_{відх} \cdot C_{відх}$$

191,0	4	50	2	4,5
-------	---	----	---	-----

$C_{м}$ – вартість 1 кг матеріалу, грн; дані інтернет-ресурсів

$C_{відх}$ – вартість 1 кг відходів, грн; дані інтернет-ресурсів

$$H_{д.м} = 0,04 \cdot H_{о.м}$$

7,6	191,0
-----	-------

10. Норматив витрат на ремонт та утримання обладнання для верстата CW6263E $H_{р.о}$

$$H_{р.о} = \frac{C \cdot 0,08}{F_d \cdot K_{вр}^o}$$

2,3	80000	4020	0,7
-----	-------	------	-----

9. Норматив витрат на допоміжні матеріали для верстата ДИП-300 $H_{д.м}$

Витрати на допоміжні матеріали складають 4% від вартості основних матеріалів $H_{о.м}$

! Приймаємо матеріал деталі – **сталь 45**

$$H_{о.м} = M_3 \cdot C_{м} - M_{відх} \cdot C_{відх}$$

191,0	4	50	2	4,5
-------	---	----	---	-----

$C_{м}$ – вартість 1 кг матеріалу, грн; дані інтернет-ресурсів

$C_{відх}$ – вартість 1 кг відходів, грн; дані інтернет-ресурсів

$$H_{д.м} = 0,04 \cdot H_{о.м}$$

7,6	191,0
-----	-------

10. Норматив витрат на ремонт та утримання обладнання для верстата ДИП-300 $H_{р.о}$

$$H_{р.о} = \frac{C \cdot 0,08}{F_d \cdot K_{вр}^o}$$

1,4	50000	4020	0,7
-----	-------	------	-----

Рисунок 6.9 – Восьме вікно вводу даних для верстатів ДИП-300 та CW6263E

На основі проведеного аналізу робимо наступний висновок:

Верстат ДИП-300 забезпечує істотно нижчу собівартість технологічної операції ніж у верстата CW6263E.

Основні причини високої собівартості CW6263E: значно вищі годинні ставки верстатника та наладчика; вища встановлена потужність призводить до вищих витрат на електроенергію; більша балансова вартість верстата збільшує витрати на амортизацію, ремонт та утримання.

Верстат CW6263E, незважаючи на вищу собівартість має більшу універсальність, жорсткість та продуктивність (за рахунок потужності), що є виправданим при обробці деталей.

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

7.1 Вибір методу отримання робочого колеса

Відцентрові компресори широко застосовуються в енергетиці, машинобудуванні, авіаційній та газовій промисловості. Одним з ключових елементів компресора є робоче колесо, від якості виготовлення якого залежать надійність і термін служби агрегату. Конструкція робочого колеса зазвичай включає корінний диск, покривний диск і лопатки.

Отримати робоче колесо такого типу можливо методом лиття за виплавлюваними моделями з подальшою механічною обробкою. Недоліком такого способу є важкокерована сутність ливарного процесу, що призводить до наявності прихованих і явних металургійних дефектів. Коефіцієнт виходу придатних деталей при подібному методі виготовлення може не перевищувати 30%. Тому в рамках даної роботи буде розглянуто варіант виготовлення робочого колеса компресора із застосуванням методу зварювання.

Застосування зварювання при виготовленні робочих коліс компресора може призвести до зниження втрат від браку, а застосування сучасних фрезерних верстатів з ЧПУ помітно спростить виготовлення деталей робочого колеса.

Робочі колеса відцентрових компресорів експлуатуються в умовах високих швидкостей обертання, значних відцентрових навантажень, перепадів температур і тиску. Ці фактори висувають суворі вимоги до вибору матеріалів для покривного і корінного дисків, а також до технології їх з'єднання. Матеріали повинні забезпечувати: високу міцність при статичних і динамічних навантаженнях; достатню жаростійкість (для компресорів гарячого повітря або газів); хорошу втомну довговічність; корозійну стійкість до робочих середовищ (нафтогаз, хімічна продукція, вологе повітря); технологічність при зварюванні, механічній обробці та термічній стабілізації.

Колеса компресорів виготовляються з високоміцних сталей, сплавів на нікелевій або титановій основі, нержавіючих сталей і алюмінієвих сплавів, залежно від призначення і параметрів компресора.

Розглянемо на прикладі колеса 2 ступені ротору компресора С-102 ЦВД. Диски виготовляються зі Сталі 15Х12Н2МВФАБ (ЭП-517).

Сталь 15Х12Н2МВФАБ корозійно-стійка жароміцна азотована мартенситного класу сталь.

Сталь 15Х12Н2МВФАБ застосовується: для виготовлення фасонного прокату і поковок, призначених для подальшої холодної механічної обробки, або для подальшої гарячої механічної обробки (штампування, кування,

					КНУ.КМР.131.25.2-03.07.КОЕР				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Яциб				Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використання інноваційно-наукових ресурсів	Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.	Рязанцев						11		
Н. Контр.	Нечаєв					Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м			
Затверд.	Рязанцев								

прокатки тощо) при виготовленні деталей машин; деталей спеціальної техніки; азотованих деталей для авіабудування; кілець суцільнокатаних різного призначення.

Хімічний склад сталі 15X12H2MBФАБ:

- C: $\leq 0,13-0,18$;
- S: $\leq 0,015$;
- P: $\leq 0,030$;
- Mn: $\leq 0,50$;
- Cr: 11,00-12,50
- W: 0,65-1,00;
- V: 0,18-0,30;
- Si: $\leq 0,50$;
- Ni: 1,70-2,10;
- Nb: 0,20-0,35;
- N: 0,02-0,08;
- Mo: 1,35-1,65.

Для таких з'єднань застосовують: ручне дугове зварювання, автоматичне зварювання в середовищі захисних газів, автоматичне зварювання під шаром флюсу, електронно-променеве зварювання.

7.2 Ручне дугове зварювання

Область застосування ручного дугового зварювання: метод використовується у всіх галузях промисловості для різного роду конструкцій.

При ручному дуговому зварюванні покритими металевими електродами, зварювальна дуга горить з електрода на виріб, оплавляючи краї зварюваного виробу і розплавляючи метал електродного стрижня і покриття електрода. Кристалізація основного металу і металу електродного стрижня утворює зварний шов.

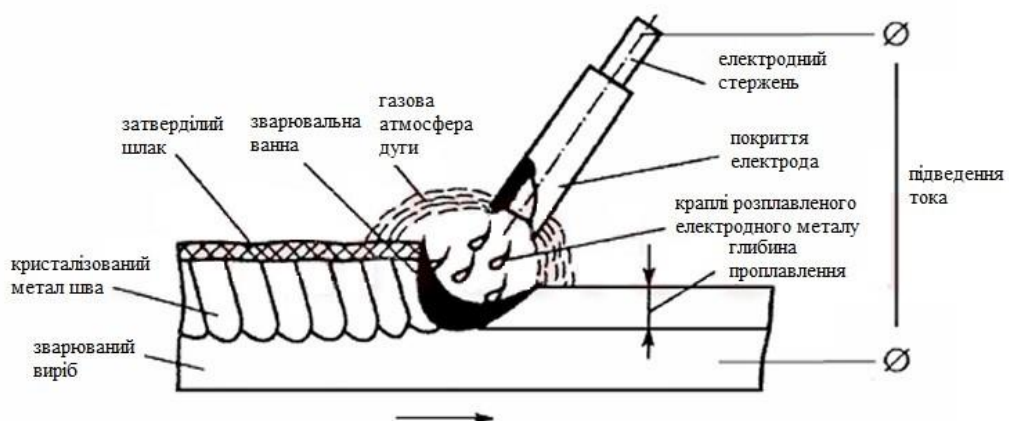


Рисунок 7.1 – Ручне дугове зварювання

Електрод складається з електродного стрижня та електродного покриття (Рисунок 7.1). Електродний стрижень – зварювальний дріт; електродне покриття – багатокомпонентна суміш металів та їх оксидів.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед запалюванням дуги слід встановити необхідну силу зварювального струму, яка залежить від марки електрода, типу зварного з'єднання, положення шва в просторі та ін.

Запалювання проводиться двома способами. При першому способі електрод підводять перпендикулярно до місця початку зварювання і після відносно легкого дотику до виробу відводять верх на відстань 25 мм. Другий спосіб нагадує процес запалювання сірників. При обриві дуги повторне запалювання її здійснюється попереду кратера на основному металі з поверненням до наплавленого металу для виведення на поверхню забруднень, що скупчилися в кратері. Після цього зварювання ведуть у потрібному напрямку.

Ручне дугове зварювання металевим покритим (плавким) електродом, відрізняючись високою універсальністю і значною мобільністю, що зумовили переважне використання її в будівництві, має ряд технологічних особливостей.

Спосіб дозволяє без заміни зварювального інструменту та обладнання (за належного зварювального режиму) виконувати шви різних типів, перетину та призначення, а також вести зварювання в будь-якому просторовому положенні та в важкодоступних місцях.

Переваги ручного дугового зварювання:

- можливість зварювання в будь-яких просторових положеннях;
- можливість зварювання в місцях з обмеженим доступом;
- порівняно швидкий перехід від одного зварюваного матеріалу до іншого;
- можливість зварювання найрізноманітніших сталей завдяки широкому вибору випускаємих марок електродів;

Недоліки ручного дугового зварювання:

- низькі ККД і продуктивність у порівнянні з іншими технологіями зварювання;
- якість з'єднань багато в чому залежить від кваліфікації зварника;
- шкідливі умови процесу зварювання.

7.3 Автоматичне зварювання під шаром флюсу

Серед різних існуючих способів механізованого зварювання з застосуванням флюсу найбільшого поширення набуло електродугове зварювання під флюсом. Зварювальна дуга горить між виробом і торцем зварювального дроту. У міру розплавлення дрот автоматично подається в зону зварювання. Дуга закрита шаром флюсу. Зварювальний дрот переміщається в напрямку зварювання за допомогою спеціального механізму (автоматичне зварювання) або вручну (напівавтоматичне зварювання). Під впливом тепла дуги основний метал і флюс плавляться, причому флюс утворює навколо зони зварювання еластичну плівку, що ізолює цю зону від доступу повітря. Краплі розплавленого дугою металу зварювального дроту переносяться через дуговий проміжок у зварювальну ванну, де змішуються з розплавленим основним

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металом. У міру переміщення дуги вперед метал зварювальної ванни починає охолоджуватися, оскільки надходження тепла до нього зменшується. Потім він твердне, утворюючи шов. Розплавляючись, флюс перетворюється на рідкий шлак, який покриває поверхню металу і залишається рідким ще деякий час після того, як метал вже затвердів. Потім шлак твердне, утворюючи на поверхні шва шлакову кірку.

При зварюванні під флюсом (рис.) дуга горить між зварювальним дротом і зварюваним виробом під шаром гранульованого флюсу. Ролики спеціального механізму падають в електродний дріт в зону дуги. Зварювальний струм підводиться до дроту за допомогою ковзного контакту, а до виробу – постійним контактом. Зварювальна дуга горить в газовій бульбашці, яка утворюється в результаті плавлення флюсу і металу. Крім того, розплавлений метал захищений від зовнішнього середовища шаром розплавленого флюсу. У міру віддалення дуги від зони зварювання розплавлений флюс застигає і утворює шлакову кірку, яка згодом легко відділяється від поверхні шва.

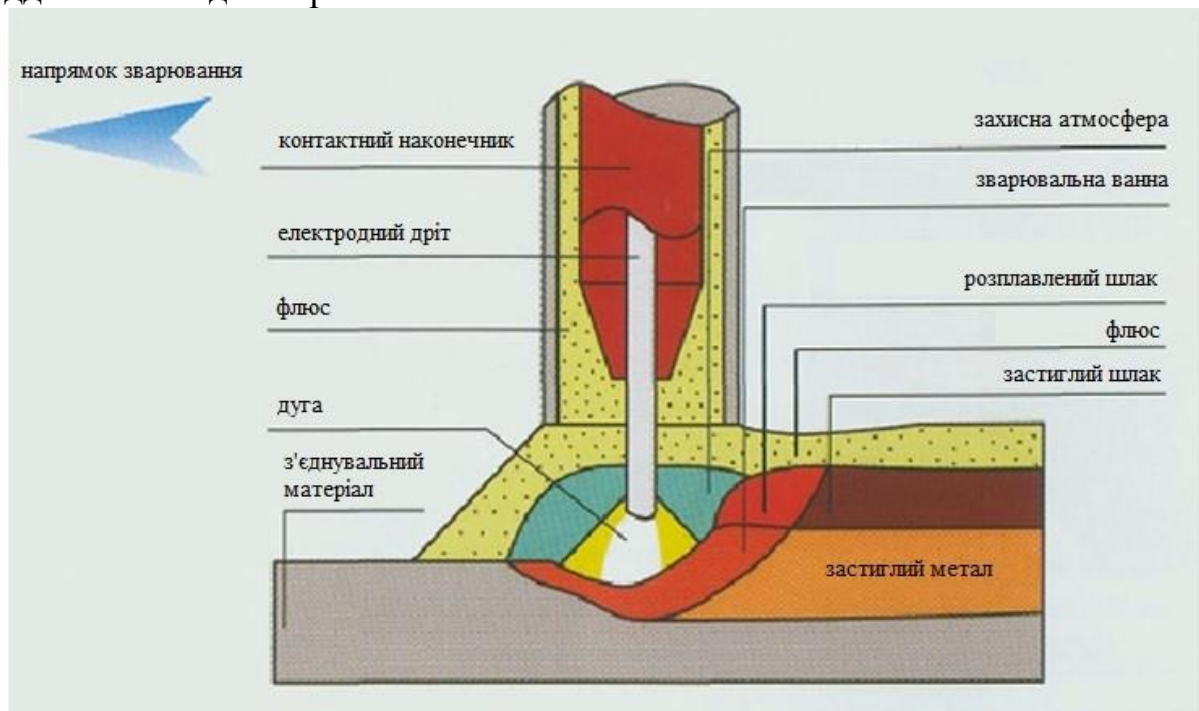


Рисунок 7.2 – Схема автоматичного зварювання під шаром флюсу

Переваги:

- Підвищена продуктивність;
- Мінімальні втрати електрода (не більше 2%);
- Відсутність бризок;
- Максимально надійний захист зони зварювання;
- Не потрібні захисні пристосування від світлового випромінювання, оскільки дуга горить під шаром флюсу;
- Низька швидкість охолодження металу забезпечує високі показники механічних властивостей шва;

Недоліки способу:

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Трудомісткість виробництва, зберігання та підготовки зварювальних флюсів;
- Складнощі коригування положення дуги відносно країв зварюваного виробу;
- Неприятливий вплив на оператора;
- Немає можливості виконувати зварювання в усіх просторових положеннях без спеціального обладнання.

7.4 Автоматичне зварювання в середовищі захисних газів

Зварювання в захисних газах — один з поширених способів зварювання плавленням. У порівнянні з іншими способами він має ряд переваг, з яких головні: можливість візуального, в тому числі і дистанційного, спостереження за процесом зварювання; широкий діапазон робочих параметрів режиму зварювання в будь-яких просторових положеннях; можливість механізації та автоматизації процесу, в тому числі із застосуванням робототехніки; високоефективний захист розплавленого металу; можливість зварювання металів різної товщини в межах від десятих часток до десятків міліметрів; відсутність операцій із засипання та прибирання флюсу і видалення шлаку; низька вартість при використанні активних захисних газів.

Зварювання в захисних газах (ЗЗГ) — загальна назва різновидів дугового зварювання, що здійснюється з вдуванням через сопло пальника в зону дуги струменя захисного газу. В якості захисних застосовують: інертні, активні, суміші.

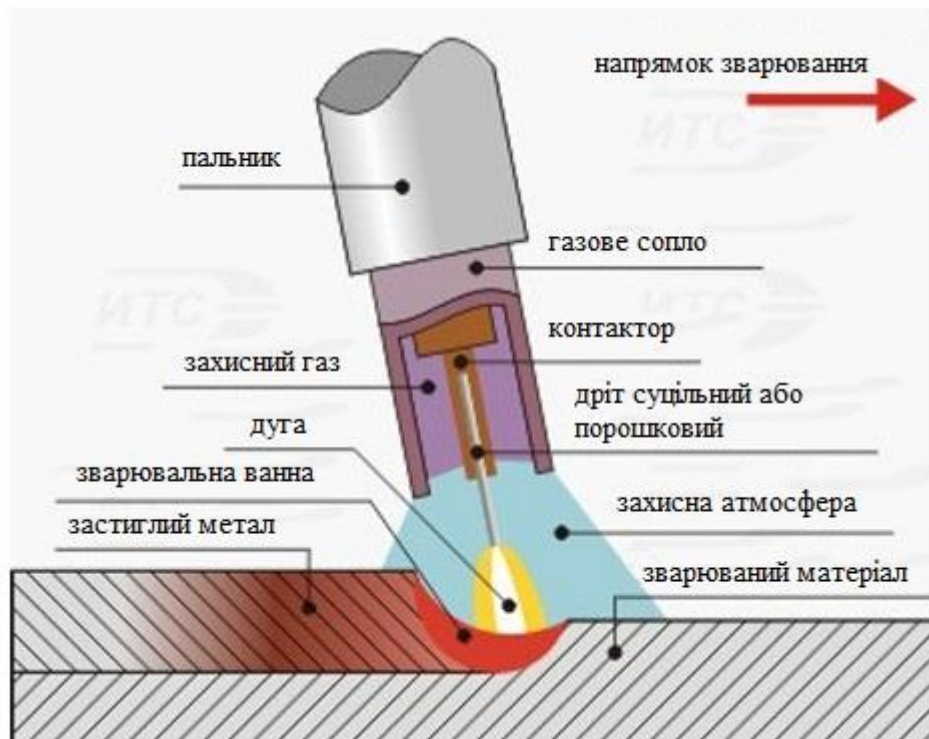


Рисунок 7.3 – Схема механізованого зварювання в середовищі захисних газів

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Широкий діапазон застосовуваних захисних газів обумовлює велике поширення цього способу як щодо зварюваних металів, так і їх товщини (від 0,1 мм до десятків міліметрів).

Недоліки способу - необхідність застосування захисних заходів проти світлової та теплової радіації дуги; можливість порушення газового захисту при здуванні струменя газу рухом повітря або при забризгуванні сопла; втрата металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва і виробу; наявність газової апаратури і в деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників.

7.5 Електронно-променеве зварювання

Електронно-променеве зварювання є одним з найбільш високопродуктивних способів зварювання.

За експлуатаційними витратами зварювання електронним променем у вакуумі істотно дешевше дугового зварювання в камерах з контрольованою атмосферою. Всі основні енергетичні та геометричні параметри електронного пучка регулюються з високою швидкістю і швидкодією. Це дозволяє вводити в метал точно дозовану енергію, реалізовувати різні технологічні прийоми і забезпечувати високу відтворюваність процесу зварювання. Можна проводити зварювання складних збірок в поглибленнях і важкодоступних місцях.

Використовується кінетична енергія потоку електронів, що рухаються з високими швидкостями у вакуумі. Для зниження втрати кінетичної енергії електронів за рахунок зіткнення з молекулами газів повітря, а також для хімічного і теплового захисту катода в електронній гарматі створюють вакуум порядку 10⁻⁴...10⁻⁶ мм рт. ст.

Переваги:

- Висока концентрація введення потужності в виріб, яка виділяється не тільки на поверхні, але і на значній глибині в обсязі основного металу.
- Невелика кількість витраченої енергії. Витрати характеризуються питомою енергією, що припадає на одиницю площі утвореного з'єднання. Оскільки ефективні потужності при електронно-променевому зварюванні близькі до потужностей дугового зварювання, то завдяки високій швидкості з'єднання для отримання рівної глибини проплавлення при ЕЛС потрібно вводити енергії в 4...5 разів менше, ніж при дуговому зварюванні. В результаті значно знижуються зварювальні залишкові напруги і деформації виробу.
- Внаслідок зварювання у високому вакуумі знижується насичення розплавленого і нагрітого металу газами.

Недоліки:

- Можливість утворення наплавлень і порожнин. У корені шва на металах з великою теплопровідністю і швах з великим відношенням глибини до ширини.
- Тривалість приготувань. Для створення вакууму в робочій камері після завантаження виробів потрібно тривалий час.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.6 Висновки щодо вибору методу зварювання робочого колеса компресора

Зварне з'єднання дисків має складну просторову конфігурацію і обмежений доступ до зони зварювання, що ускладнює застосування автоматичних способів зварювання, таких як автоматичне зварювання під шаром флюсу або в середовищі захисних газів. Електронно-променеве зварювання забезпечує високу якість з'єднання, однак вимагає застосування вакуумного обладнання, точного складання і значних витрат, що робить його економічно недоцільним для даного випадку.

З огляду на конструктивні особливості робочого колеса, характеристики матеріалу та вимоги до якості зварного шва, для з'єднання покривного та корінного дисків обрано метод ручного дугового зварювання з використанням електродів. Цей спосіб забезпечує: можливість виконання шва у важкодоступних місцях складної форми; хорошу якість металу шва при дотриманні режимів попереднього підігріву і термообробки; стабільний захист зони зварювання за рахунок покриття електродів; зручність регулювання параметрів зварювання і контролю тепловантаження; технологічну та економічну доцільність при дрібносерійному або індивідуальному виробництві.

Таким чином, ручне дугове зварювання покритими електродами забезпечує необхідну якість і надійність зварного з'єднання при мінімальних витратах і є найбільш раціональним методом зварювання дисків робочого колеса відцентрового компресора зі сталі 15X12H2MBФАБ.

7.7 Ручне дугове зварювання робочого колеса зі сталі 15X12H2MBФАБ

Перед початком зварювальних робіт корінний і покривний диски встановлюються в складальне пристосування з контролем співвісності і мінімальним биттям (не більше 0,2 мм). Для фіксації застосовуються прихватки, які виконуються тими ж електродами, що і основний шов.

Для зниження температурних напружень і запобігання утворенню тріщин зварювання проводять при температурі попереднього підігріву 250–350°C.

Зварювання виконується методом ручного дугового зварювання покритими електродами на постійному струмі зворотної полярності (електрод підключається до позитивного полюса джерела).

Для зварювання сталі 15X12H2MBФАБ застосовуються спеціальні жароміцні електроди, що забезпечують метал шва з аналогічним хімічним складом. Рекомендовані марки електродів:

ЕА-400/10У — жароміцний електрод для сталей 12–15% Cr і 2–3% Ni;

ЦІ-11 — електрод для відповідальних деталей турбін і компресорів;

ЕП-51 — для сталей 15X12H2МФ і аналогічних;

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроди перед зварюванням прожарюються при температурі 350–400 °С протягом 1–2 годин для видалення вологи з покриття.

Як джерело живлення використовується постійного струму зварювальний випрямляч з плавним регулюванням струму в діапазоні 60–140 А.

Процес зварювання включає кілька етапів: виконання кореневого, заповнюваних і облицювальних швів.

Мета першого проходу — забезпечення повного проплавлення кореня шва і отримання герметичного з'єднання.

Діаметр електрода: 2,5–3 мм. Сила струму: 70–100А. Напруга дуги: 22–26В.

Зварювання виконують короткою дугою для запобігання розбризкування металу та окислення. Електрод переміщують коливальними рухами малої амплітуди, формуючи рівномірний валик з плавним переходом до основного металу.

Після завершення першого проходу проводиться очищення шлаку і візуальний контроль шва. При необхідності дефекти (пори, непровари) видаляються механічним способом і ділянка переплавляється.

Заповнювані проходи виконуються для формування основного обсягу з'єднання.

Діаметр електрода: 3–4мм. Сила струму: 100–130А. Напруга дуги: 22–28 В.

Зварювання проводять короткими ділянками довжиною 40–60 мм, чергуючи зони наплавлення по периметру з'єднання для зниження деформацій. Після кожного проходу шов очищається від шлаку металевою щіткою, а температура в зоні зварювання контролюється пірометром.

Останній шар призначений для остаточного формування поверхні шва і забезпечення плавного переходу між основним металом і наплавленням.

Діаметр електрода: 3 мм. Струм: 90–110 А. Напруга: 22–25 В.

Зварювання ведеться рівномірно, без зупинок, з мінімальною амплітудою коливань електрода. Після закінчення облицювального шару шов очищається і шліфується для видалення нерівностей і забезпечення аеродинамічної чистоти внутрішньої поверхні колеса.

Після завершення зварювальних робіт виріб піддається повільному охолодженню до температури 100–150°С, щоб уникнути утворення холодних тріщин. Потім виконується відпуск при температурі 700–750°С з витримкою 2–3 години і подальшим охолодженням на повітрі.

Дана термічна обробка сприяє: зняттю внутрішніх напружень, зниженню твердості загартованих структур, стабілізації мікроструктури зварного з'єднання, підвищенню пластичності і в'язкості металу шва.

Контроль якості проводиться поетапно і включає наступні види: візуально-вимірний контроль — після кожного проходу; перевіряється форма і розміри шва, відсутність підрізів і напливів; капілярний контроль — виявлення поверхневих тріщин і пор;

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічні випробування — на зразках для контролю міцності, ударної в'язкості та пластичності.

До зварного з'єднання пред'являються такі вимоги якості: відсутність тріщин, пор і непроварів; плавний перехід між швом і основним металом; мінімальні залишкові напруження; відповідність механічних характеристик основному металу.

Для зварювання дисків буде використовуватися промисловий випрямляч.

Це установки для ручного зварювання в промислових умовах. Вони перетворюють змінний струм в постійний без зміни частоти коливання. Найчастіше для підключення необхідно 380В. Відрізняються гладкими швами, що створюються з характерним шелестом. Застосовуються для ручного зварювання відповідальних виробів, але коштують дорого і не зручні в транспортуванні, тому більше підійдуть для стаціонарного використання.



Рисунок 7.4 - Випрямляч зварювальний багатопостовий ВДМ-6303С

Таблиця 7.1 — технічна характеристика випрямляча зварювального ВДМ-6303С

Технічна характеристика ВДМ-6303С	
1	2
Напруга живлення,	3x380
Частота, Гц	50
Вид електричної мережі	трифазна
Номінальний зварювальний струм, А	630
Номінальний зварювальний струм посту, А	315
Номінальна робоча напруга,	60
Напруга на холостому ходу,	75
Номінальний режим роботи ПН, %	100
ККД, %	92
Клас ізоляції	Н
Діаметр електрода, мм	3-6
Потужність при номінальному струмі, кВА	46

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 7.1

1	2
Кількість зварювальних постів	4
Коефіцієнт одночасності роботи постів	0,5
Робоча температура, °C	від -40 до +50
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	700х600х630
Маса, кг	196

Застосування ручного дугового зварювання при з'єднанні покривного і корінного дисків робочого колеса відцентрового компресора зі сталі 15Х12Н2МВФАБ забезпечує отримання надійного, міцного і герметичного зварного з'єднання при дотриманні технологічного режиму. Попередній підігрів, використання спеціальних жароміцних електродів і подальша термічна обробка дозволяють уникнути утворення тріщин, зменшити внутрішні напруження і забезпечити високі експлуатаційні властивості виробу.

Отримане зварне з'єднання має високу жаростійкість, стійкість до термоциклічних навантажень і корозії, що забезпечує довговічну роботу робочого колеса в складі компресора.

					КНУ, КМР.131.25.2-03.07.КОЕР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД з використанням CAD/CAM систем» було проведено всебічний аналіз, проектування та пошук оптимальних рішень, спрямованих на вдосконалення технологічного процесу виробництва компонентів даного вузла. За результатами проведених досліджень і розробок отримано наступні результати:

1. Детальний аналіз розмірних ланцюгів, виконаний для цього вузла, підтвердив відповідність зібраної конструкції та її складових частин усім заданим проектним параметрам.

2. Застосування сучасного обладнання в розробленому технологічному процесі забезпечило підвищення точності обробки та мінімізацію часу, необхідного для виготовлення деталі.

3. Були зроблені розрахунки заготовки для деталі «Вал», у програмі FeatureCAM та побудовано 3-D модель деталі. Етапи розробки програми для токарної чорнкової і напівчистої операції.

4. Спроектовано: верстатне пристосування для операції фрезерування; контрольне пристосування для перевірки точності радіального биття шийки валу.

5. Здійснено розробку оптимальної структури механоскладального цеху, що дозволяє істотно підвищити ефективність роботи персоналу. Крім того, сформовано комплекс заходів з техніки безпеки та охорони навколишнього середовища для процесів штампування та кування, що гарантує безпечні умови праці та мінімізує екологічні збитки.

6. Техніко-економічні показники. Проведено економічне обґрунтування доцільності переходу від використання традиційного обладнання до багатофункціонального верстата з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

7. У науково-дослідній частині досліджено можливості використання методу ручного дугового зварювання робочого колеса зі сталі 15X12H2MBФAB. Цей спосіб забезпечує: можливість виконання шва у важкодоступних місцях складної форми; хорошу якість металу шва при дотриманні режимів попереднього підігріву і термообробки.

Технологічні рішення, розроблені для виробництва деталі «Вал» ротора компресора С-102 ЦВД: дозволили оптимізувати процеси, знизити фінансові витрати, поліпшити продуктивність і точність, а також прискорити окупність інвестицій. Ці практичні напрацювання мають високу цінність і рекомендовані до застосування на підприємствах, що займаються випуском подібних вузлів.

					КНУ.КМР.131.25.2-03.В							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.	Яців										11	
Перевір.	Рязанцев											
Н. Контр.	Нечасів											
Затверд.	Рязанцев				Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог Sumitomo 2019-2020.
2. Каталог RUKO 2019
3. Каталог Gear cutting tools
4. Каталог Tyrolit
5. Каталог Walter-tools
6. Каталогом Iscar
7. Іноземців Г.Г. Проектування металорізальних інструментів: навч. пос. / Г.Г. Іноземців. М: Машинобудування, 1984Р. 272 с.
8. Методичні вказівки до виконання магістерської випускної роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка”Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О., Бондар О.В., 2022.
9. Токарна обробка: каталог ріжучого інструменту. SECO, 2020. – 808с.
10. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
11. Біленький П.Є. Підвищення якості організації промислового виробництва / П.Є. Біленький. – Львів: Світ, 1990. – 168 с.
12. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
13. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –137 с.
14. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
15. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: ІСДО, 1994. – 216 с.
16. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. – 286 с. 20.
17. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
18. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів. Світ, 2001.-296 с.

					КНУ.КМР.131.25.2-03.СВД		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел		
Розроб.	Яців						
Перевір.	Рязанцев						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркуші
						11	
					Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м		

ДОДОТКИ

					КНУ.КМР.131.25.2-03.СВД			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додатки	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Яциб						11	
Перевір.	Рязанцев							
						Каф. ТМ гр. ЗПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ротору компресора С-102 ЦВД з використанням CAD/CAM систем

Виконав магістрант гр. ЗПМ-24м

(підпис)

Яців К.С.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

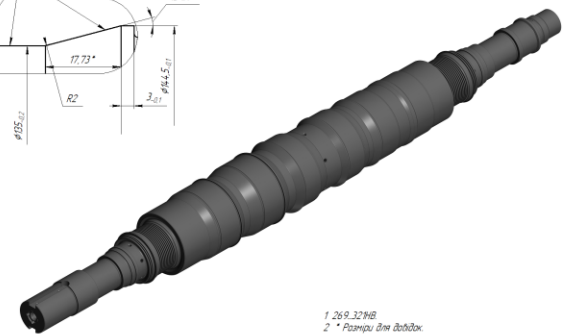
(підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р

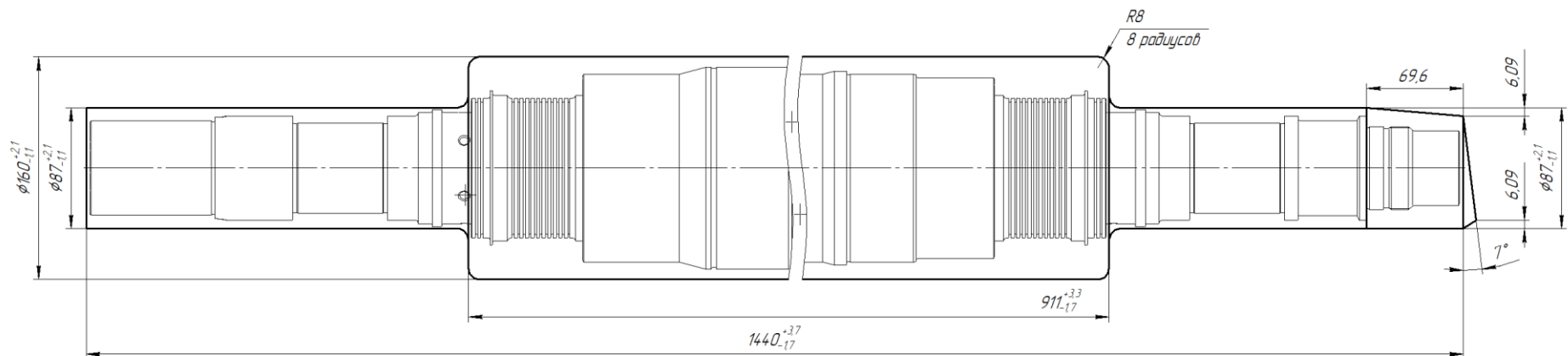
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Креслення		
Справ. №			1	КНУ.КМР.131.25.2-03.В	Вал	1	
			2	КНУ.КМР.131.25.2-03.ВШ	Вал (штампування)	1	
			3	КНУ.КМР.131.25.2-03.КП	Контрольне пристосування	1	
			4	КНУ.КМР.131.25.2-03.НЧ	Наукова частина	1	
			5	КНУ.КМР.131.25.2-03.ПМД	План механоскладальної ділянки	1	
			6	КНУ.КМР.131.25.2-03.Р	Ротор	1	
			7	КНУ.КМР.131.25.2-03.ВП	Верстатне пристосування	1	
			8	КНУ.КМР.131.25.2-03.ІН	Інструментальне налагодження на верстат ОЕМ СК61100	1	
			9	КНУ.КМР.131.25.2-03.ЕО	Ескізи операцій	4	
Підп. і дата							
Взам. інв. №							
Інв. № дубл.							
Підп. і дата							
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КМР.131.25.2-03.ВЕД	
	Разраб.	Яців				Відомість електронних документів КМР	
Проб.	Рязанцев						
Н.контр.	Нечаєв						
Утв.	Рязанцев						
	Лит.	Лист	Листов				
			1				
						Каф. ТМ гр. ЗМП-24м	
						Формат А4	

Копировал

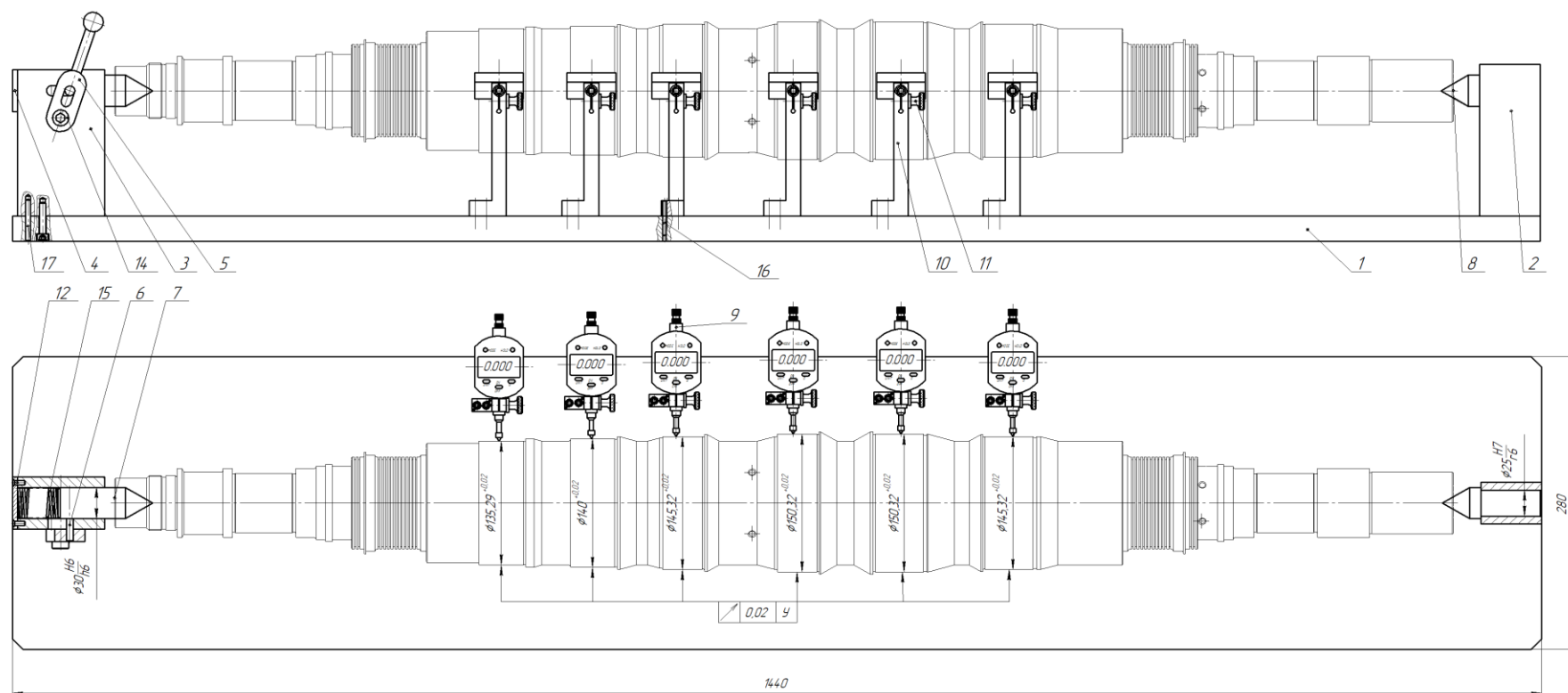


Позначения посадок	Числовые значения натяга, мм
D_1	0.30.0.34
D_2	0.30.0.34
D_3	0.30.0.34
D_4	0.30.0.34
D_5	0.27.0.31
D_6	0.27.0.31
D_7	0.16.0.20

[illegible]



						КНУ.КМР.131.25.2-03.ВШ				
						Вал (штампування)		Лит	Масса	Мощность
								Н	116,2	12
Изв	Лист	№ докум.	Подп.	Вит				Лист	Листов	1
Разраб		Вит								
Проб		Рязанцев								
Г.контр.										
Н.контр.		Начальс				Сталь 40ХН2МА ДСТУ 7806-2015		Кат. ТМ		
Утв		Рязанцев						зр. ЗПМ-24м		
					1	Котловод		Формат А2		



1. Пристосування призначені для контролю радіального біття.
2. Вимірювання виконуються індикаторними головками ІЧІ-13 0-13х0,01 мм ІР65.
3. Похибка вимірювання становить $\pm 0,010$.

КНУКМР.13125.2-03.КП					
Зм. Іл.	№ докум.	Підпис.	Дата.	Контрольне пристосування	
Розробив	Н			Лист	12
Виробив	Розробив			Лист	
Н.контр.	Н.контр.			Коредра ТМ	
Зам.	Розробив			зр. ЗПМ-24м	

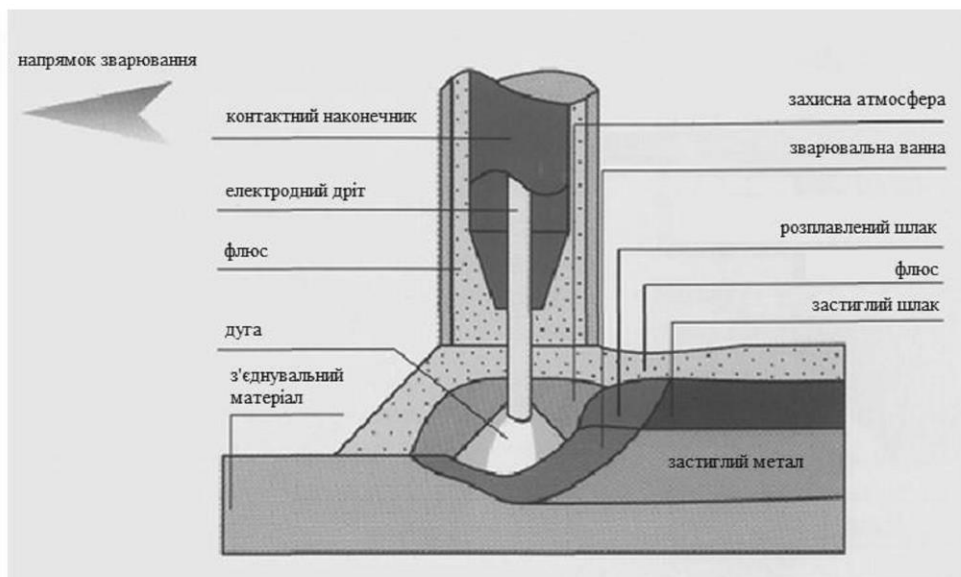
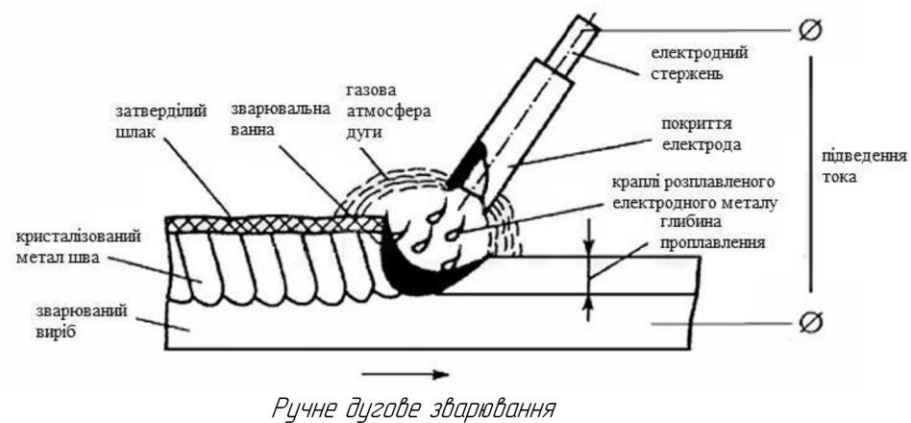


Схема автоматичного зварювання під шаром флюсу

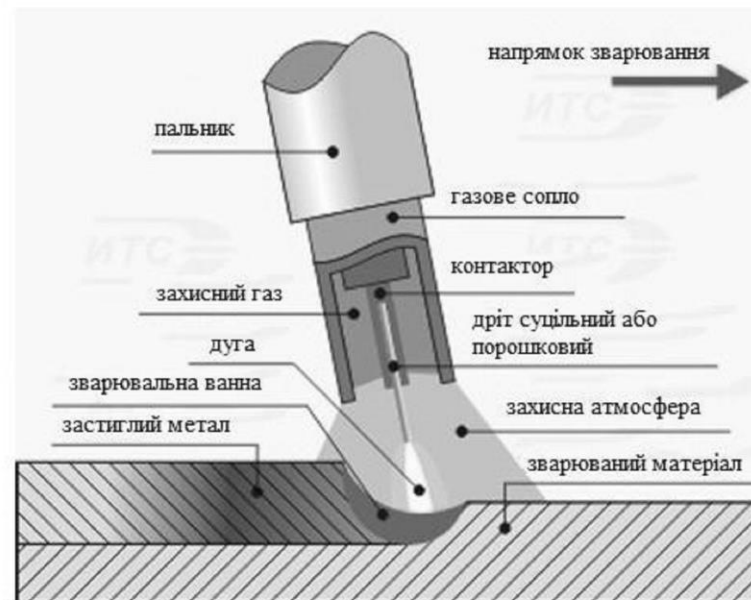


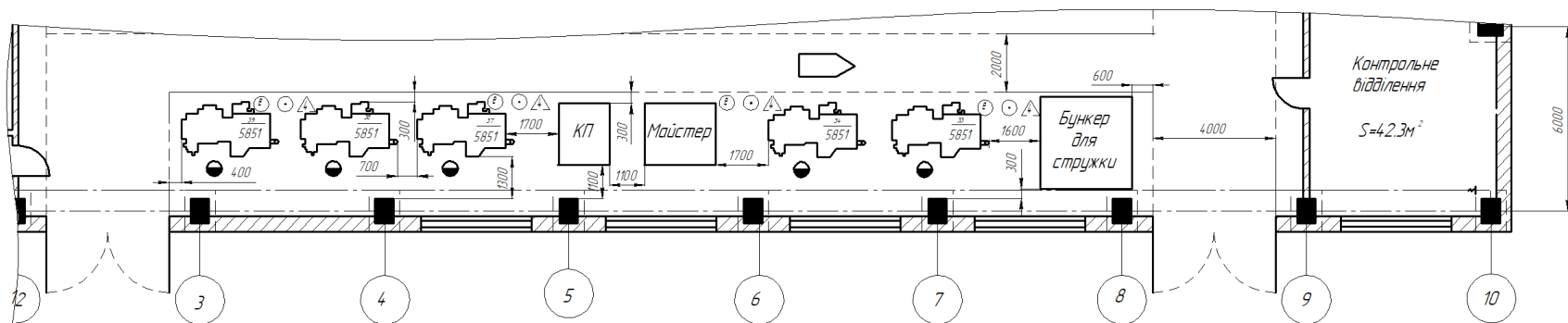
Схема механізованого зварювання в середовищі захисних газів



Випрямляч зварювальний багатопостовий ВДМ-6303С

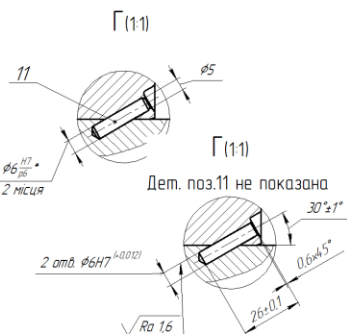
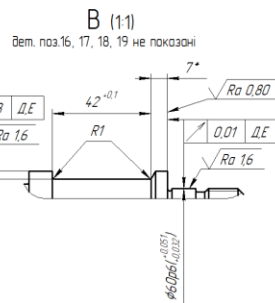
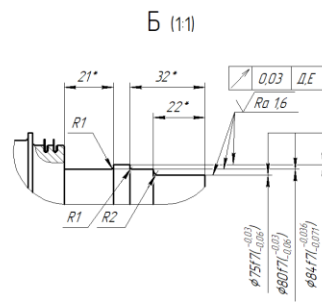
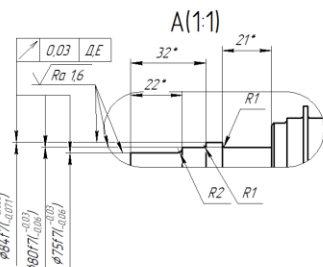
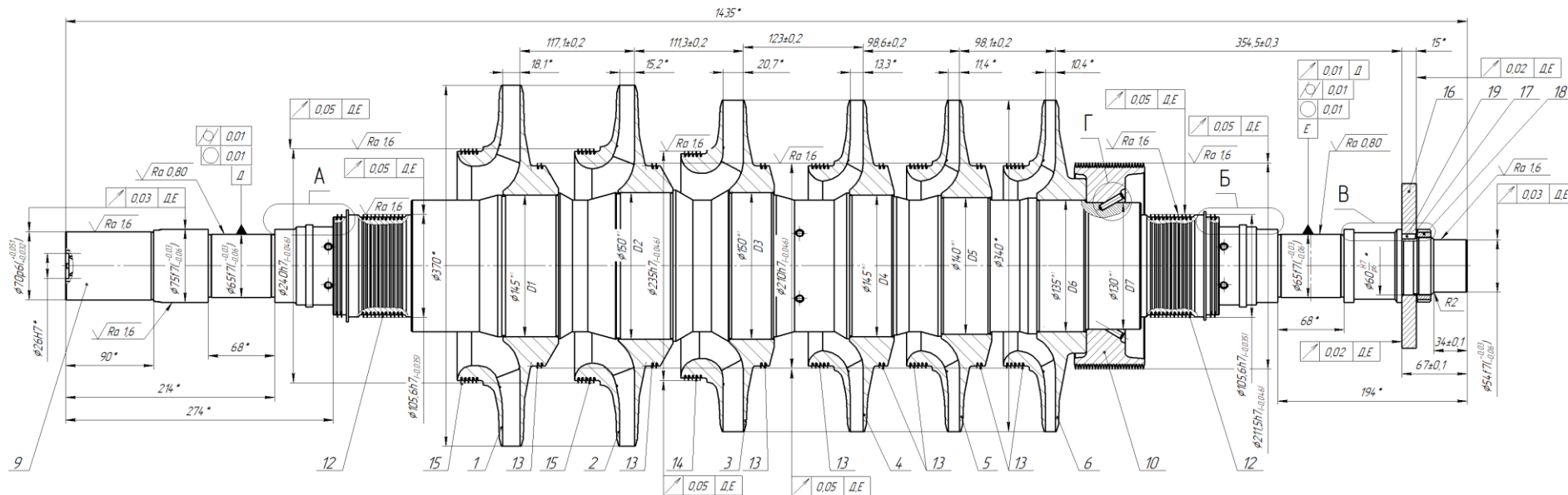
					КНУ.КМР.131.252-03.НЧ				
№ докум	№ докум	Получ.	Внес.	Наукова частина			Лист	Маса	Масив
Горобуш	Наб						Н		12
Архив	Резюме						Лист	Лист	
Н.Копер	Началь						Корреда ТМ		
Зем	Резюме						до 30.11.24м		

КНУ.КМР.131.25.2-03.ПМД



						КНУ.КМР.131.25.2-03.ПМД					
Лист Разр Лист Лист	Лист Разр Лист Лист	№ докум Лист Лист Лист	Лист Разр Лист Лист	Лист Разр Лист Лист	Лист Разр Лист Лист	План механоскладальної дільниці			Лист	Масштаб	Масштаб
									Лист	Масштаб	Масштаб
									Лист	Масштаб	Масштаб
									Лист	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб
						Лист			Масштаб	Масштаб	Масштаб

КНУ.КМР.13125.2-03.Р

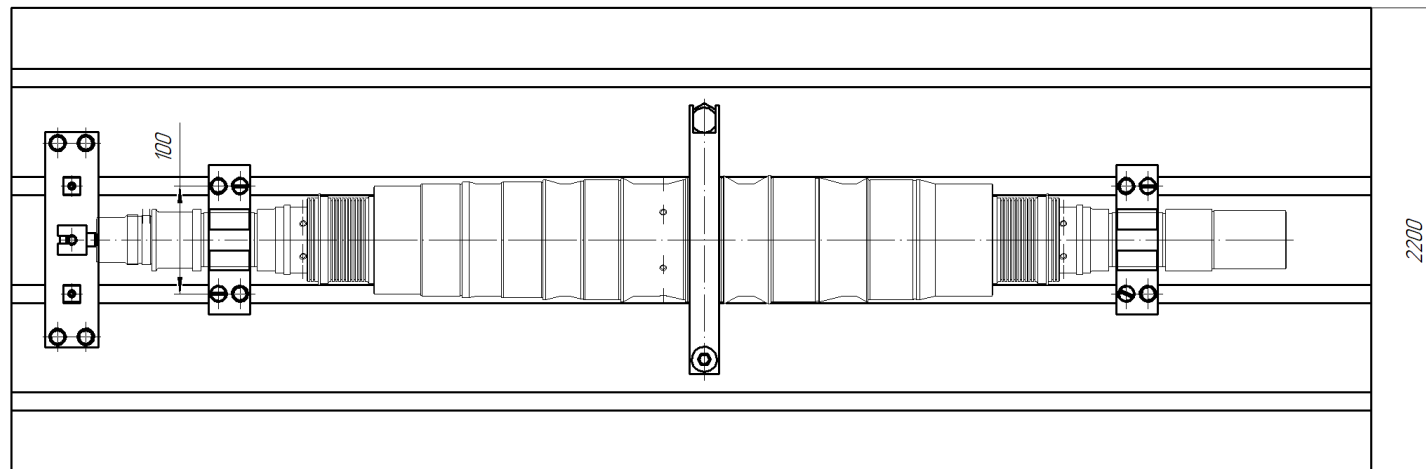
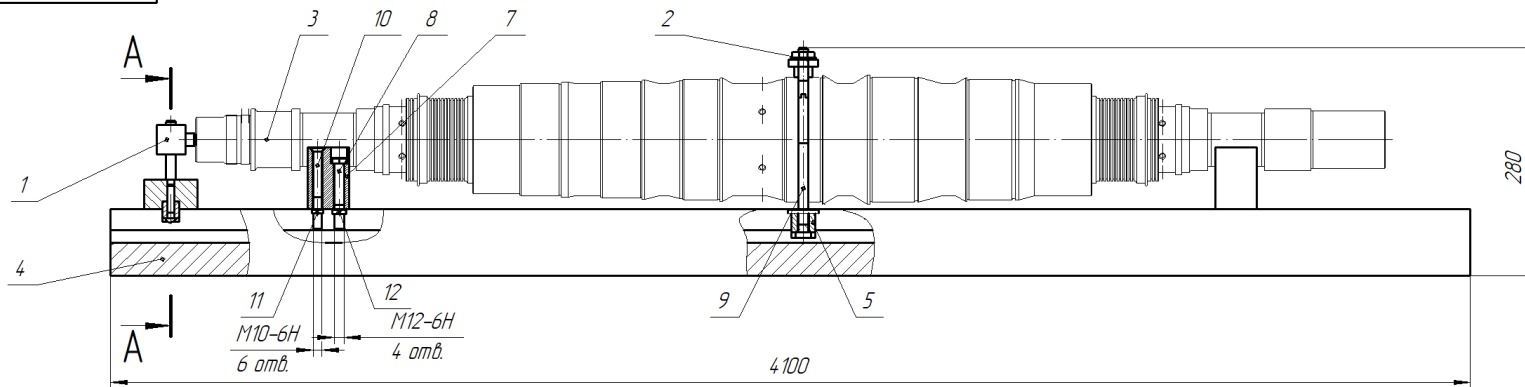


- 1 * Розміри для довідок
- 2 Неказані граничні відхилення розмірів, H12, h12, ±^{IT12}.
- 3 Биття бічних поверхонь дисків коліс на відстані 5..10 мм від заднього діаметра коліс не більше 0,2 мм.
- 4 Неказана шорсткість оброблених поверхонь не менше $\sqrt{Ra\ 2.5}$.
- 5 Ротор балансувати динамічно щодо баз Д і Е. Допустимий дисбаланс не більше 160 г·мм, за рахунок зняття металу по задньому діаметру між лопатками, не доходячи до лопаток 10 мм, фрезиння від заднього діаметра до 3 мм. Доопрацювану поверхню заповнювати. Радіуси одерти 12665 об/хв. Випробувати на розгінні одерти 14650 об/хв протягом 10 хв.
- 6 Маркувати на вірні

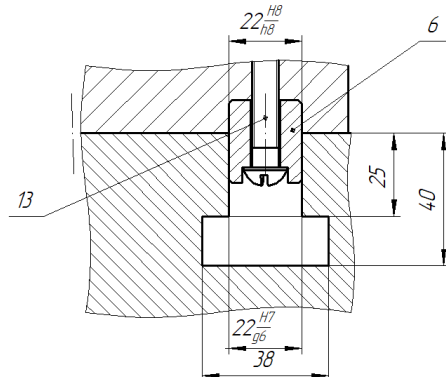
Позначення посадк	Числові значення натягів, мм
D ₁	0,303..0,323
D ₂	0,303..0,323
D ₃	0,203..0,323
D ₄	0,303..0,323
D ₅	0,273..0,295
D ₆	0,273..0,295
D ₇	0,161..0,190

КНУ.КМР.13125.2-03.Р			
Дет. поз.	Матер.	Масштаб	Масштаб
Ротор	Сталь	1:1	1:1
Контр.	Розроб.	Лист	Лист
Контр.	Розроб.	Лист	Лист
Каф. ТМ зр. ЗПМ-24м			
Формат А1			

КНУ.КМР.131.25.2-03.ВП



A-A(1:1)



				КНУ.КМР.131.25.2-03.ВП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.	Ялиб	Рязанцев			Н	14
Прод.	Рязанцев				Лист	Листов
Н.Контр.	Нечасов	Рязанцев			Каф. ТМ	1
Утв.	Рязанцев				гр. ЭПМ-24М	Формат А2
				Копировал		

Перед. пр.меч.

Стор. №

Лист и дата

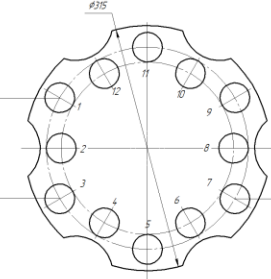
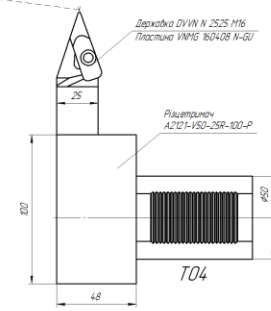
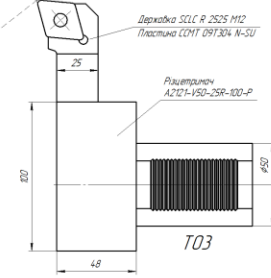
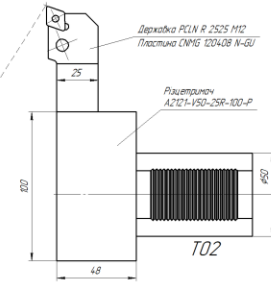
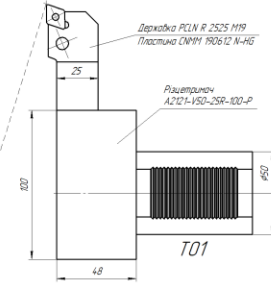
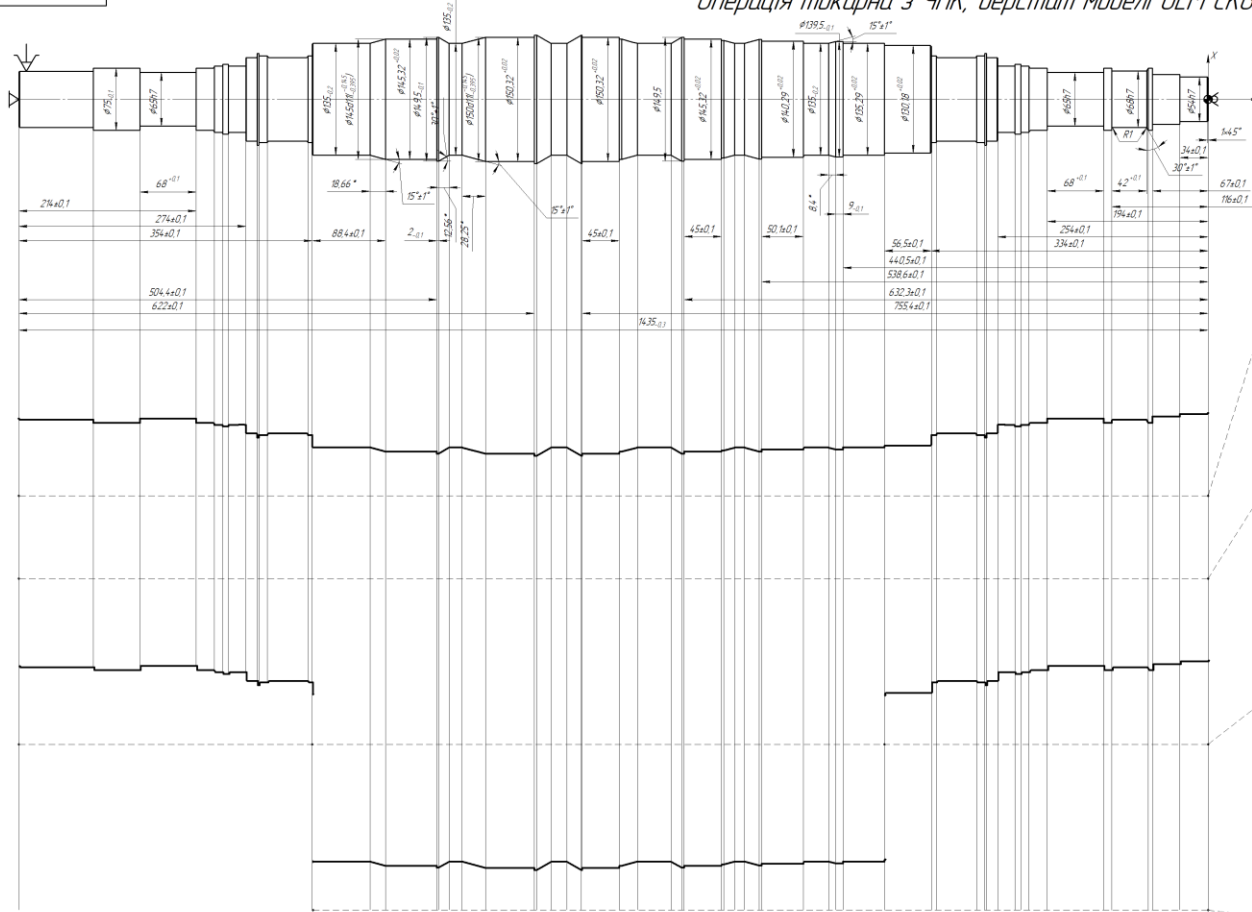
Лист № докум.

Лист и дата

Лист и дата

Лист и дата

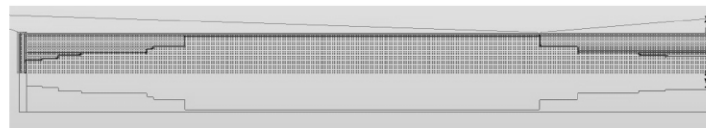
Операція токарна з ЧПК, верстат моделі OEM SK61100



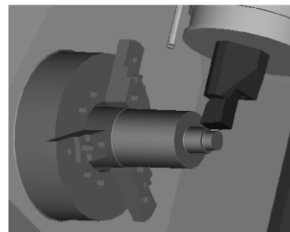
Інструментальний комплекс

Інструмент	Пластина і геометрія	Матеріал пластики
Прокінний різь PCUN R 2525 M19	CNPM 190612 N-H6	Твердий сплав покриття AC8020P
Прокінний різь PCUN R 2525 M12	CNMG 120408 N-GU	
Прокінний різь SCLC R 2525 M12	CCMT 09T304 N-SU	
Прокінний різь DVVN N 2525 M16	VNMG 160408 N-GU	

Траєкторії переміщень інструментів в FeatureCAM

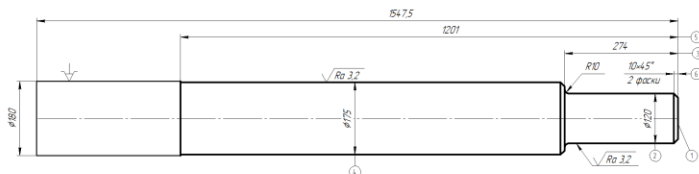


Симуляція обробки на верстаті в FeatureCAM

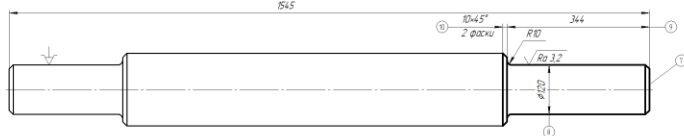


КНУ.КМР.131252-03.ІН			
Інструментальне налаштування на верстаті OEM SK61100	18.2	12	
Код ТМ	3094-241	Р	

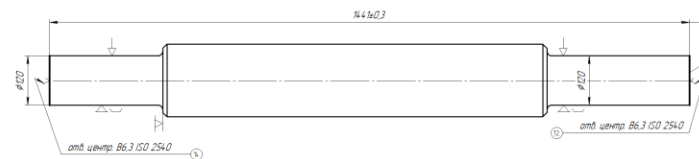
005 Токарна чорнова, OEM СК61100
Установ А



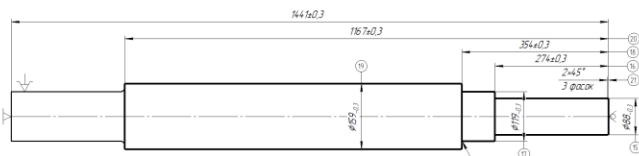
Установ Б



010 Фрезерно-центрувальна, фрезерно-центрувальний МР71М



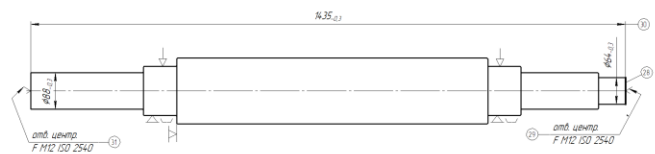
015 Токарна напівчистова, OEM СК61100
Установ А



Установ Б

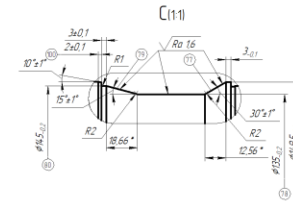
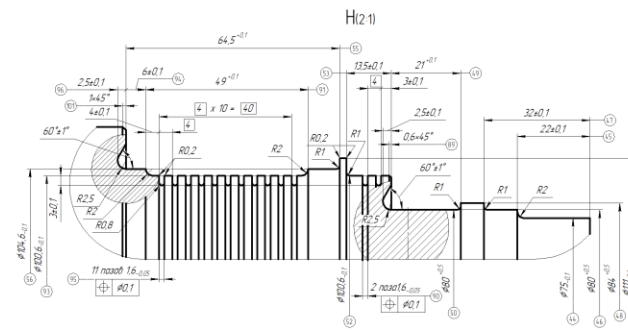
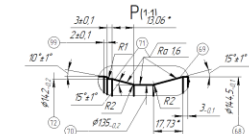
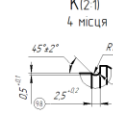
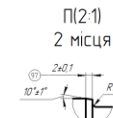
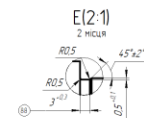
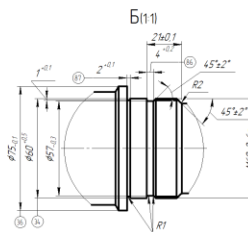
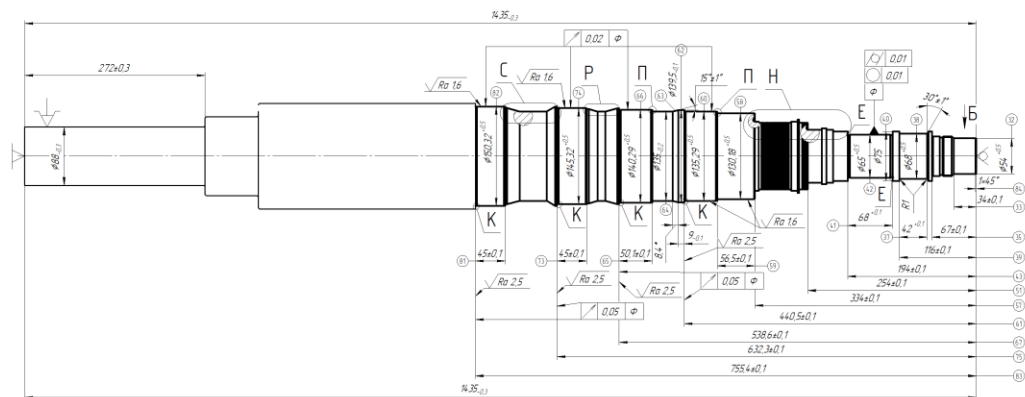


020 Фрезерно-центрувальна, фрезерно-центрувальний МР71М



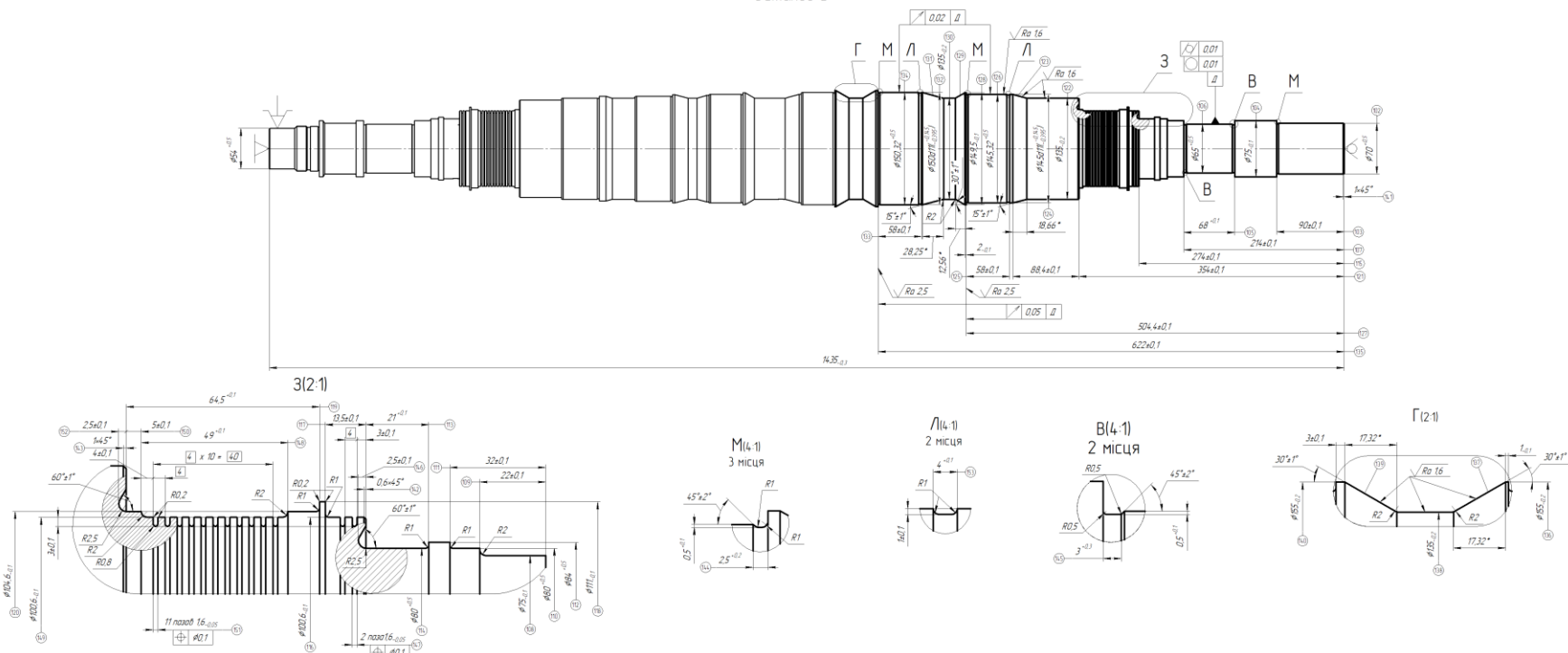
025 Токарна чистова, токарний верстат OEM СК61100

Установ А

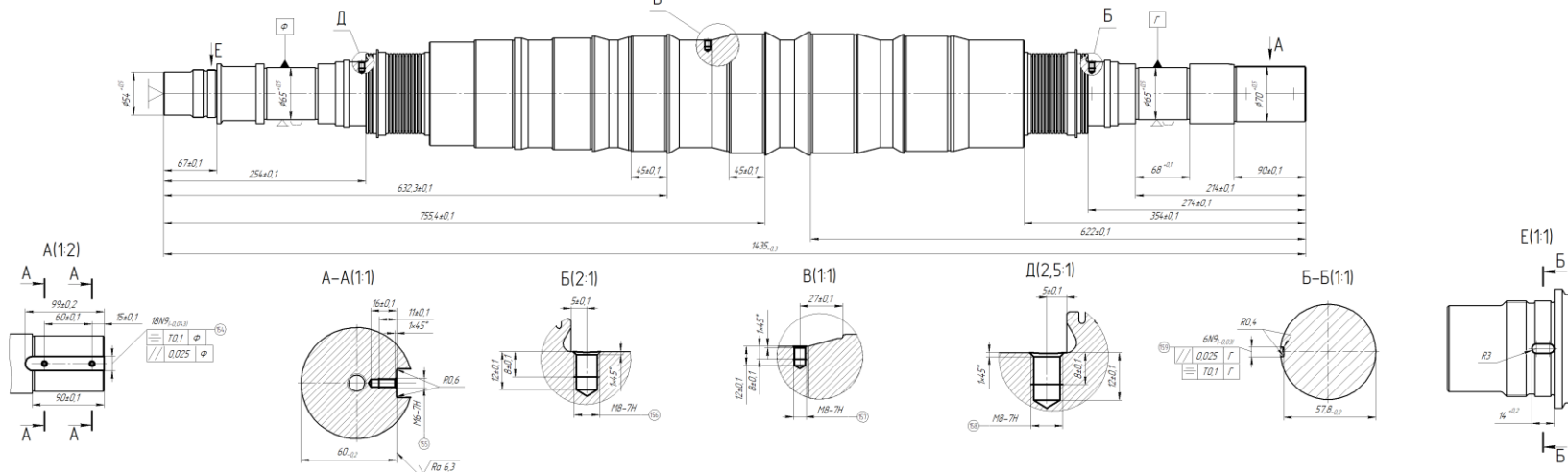


КНЧКМР 13125.2-03.10			
Ескізи операцій			
№	Назва	Колір	Масштаб
1	1	1	1:2
2	2	2	1:2
3	3	3	1:2
4	4	4	1:2
5	5	5	1:2
6	6	6	1:2
7	7	7	1:2
8	8	8	1:2
9	9	9	1:2
10	10	10	1:2
11	11	11	1:2
12	12	12	1:2
13	13	13	1:2
14	14	14	1:2
15	15	15	1:2
16	16	16	1:2
17	17	17	1:2
18	18	18	1:2
19	19	19	1:2
20	20	20	1:2
21	21	21	1:2
22	22	22	1:2
23	23	23	1:2
24	24	24	1:2
25	25	25	1:2
26	26	26	1:2
27	27	27	1:2
28	28	28	1:2
29	29	29	1:2
30	30	30	1:2
31	31	31	1:2
32	32	32	1:2
33	33	33	1:2
34	34	34	1:2
35	35	35	1:2
36	36	36	1:2
37	37	37	1:2
38	38	38	1:2
39	39	39	1:2
40	40	40	1:2
41	41	41	1:2
42	42	42	1:2
43	43	43	1:2
44	44	44	1:2
45	45	45	1:2
46	46	46	1:2
47	47	47	1:2
48	48	48	1:2
49	49	49	1:2
50	50	50	1:2
51	51	51	1:2
52	52	52	1:2
53	53	53	1:2
54	54	54	1:2
55	55	55	1:2
56	56	56	1:2
57	57	57	1:2
58	58	58	1:2
59	59	59	1:2
60	60	60	1:2
61	61	61	1:2
62	62	62	1:2
63	63	63	1:2
64	64	64	1:2
65	65	65	1:2
66	66	66	1:2
67	67	67	1:2
68	68	68	1:2
69	69	69	1:2
70	70	70	1:2
71	71	71	1:2
72	72	72	1:2
73	73	73	1:2
74	74	74	1:2
75	75	75	1:2
76	76	76	1:2
77	77	77	1:2
78	78	78	1:2
79	79	79	1:2
80	80	80	1:2
81	81	81	1:2
82	82	82	1:2
83	83	83	1:2
84	84	84	1:2
85	85	85	1:2
86	86	86	1:2
87	87	87	1:2
88	88	88	1:2
89	89	89	1:2
90	90	90	1:2
91	91	91	1:2
92	92	92	1:2
93	93	93	1:2
94	94	94	1:2
95	95	95	1:2
96	96	96	1:2
97	97	97	1:2
98	98	98	1:2
99	99	99	1:2
100	100	100	1:2

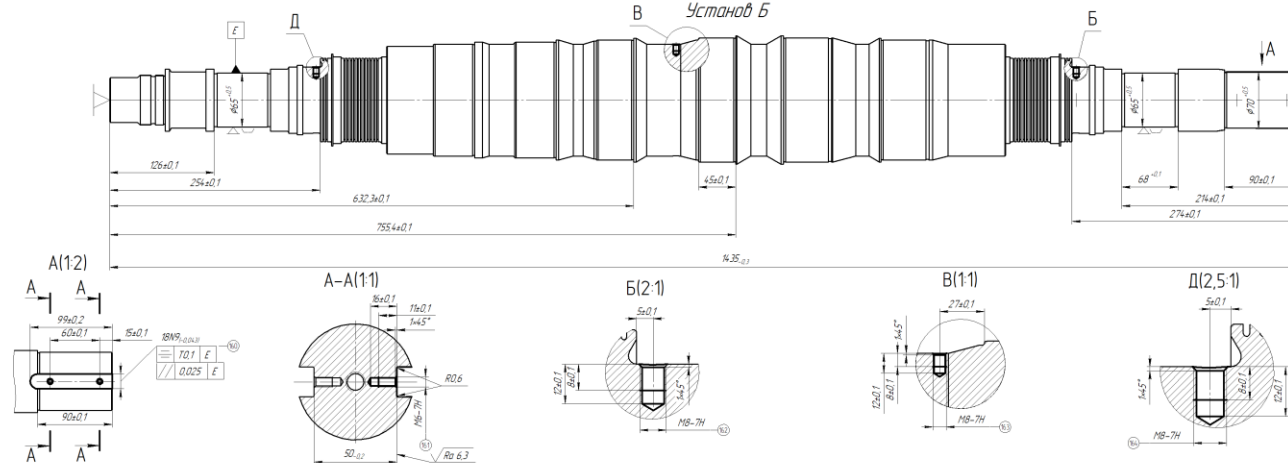
025 Токарна чистова, токарний верстат OEM SK61100
Установ Б



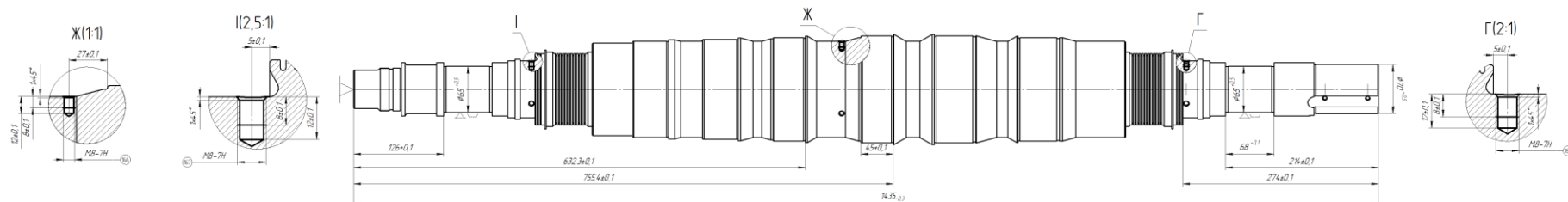
030 Фрезерна, універсально-фрезерний верстат з ЧПУ Zaugg
Установ А



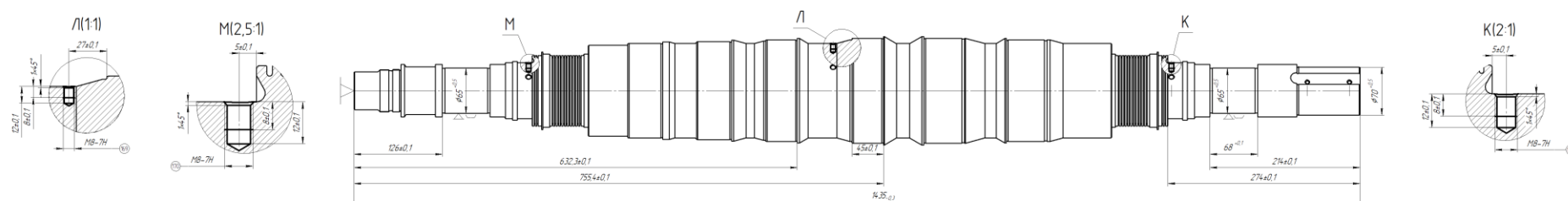
030 Фрезерна, універсально-фрезерний верстат з ЧПУ Zayer
Установ Б

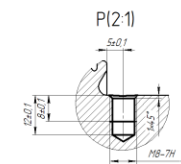
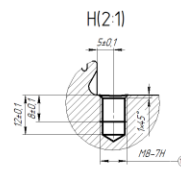


Установ В



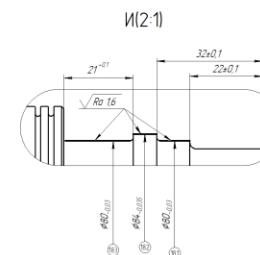
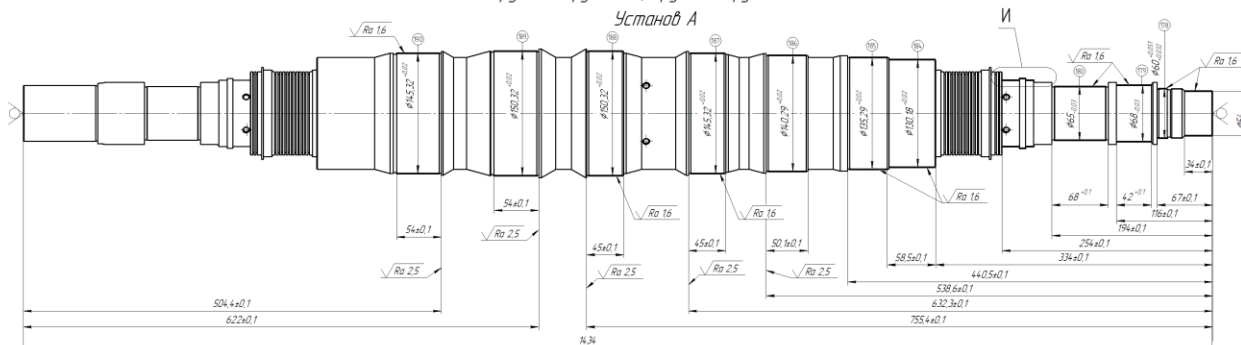
Установ Г





035 Круглошліфувальна, круглошліфувальний ЗШМ SHU322x1500

Установ А



Установ Б

