

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет ГМ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ
ПОВЕРХОНЬ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРНІ**

Магістерська кваліфікаційна робота
Напрямок підготовки – 132 – “Матеріалознавство”
08-27.МКР.004.00.00.000

Розробив: ст. гр. 13В-17м Дмитрієв М. С.
Керівник: д.т.н., професор. Савуляк В. І.
Вінниця ВНТУ 2019

Метою МКР є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь зубчастого зачеплення вал-шестерні, шляхом використання легуючих елементів та енергії дуги графітового електрода. З врахуванням економічної доцільності розробити технологічний процес відновлення та зміцнення вал-шестерні, обрати для відновлення зношеної поверхні деталі високопродуктивне обладнання.

Для досягнення необхідної мети потрібно вирішити наступні задачі:

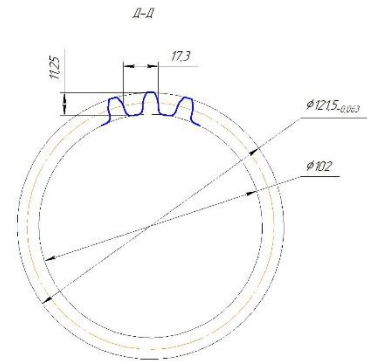
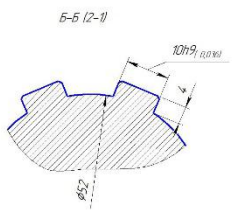
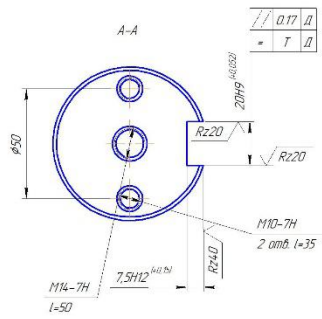
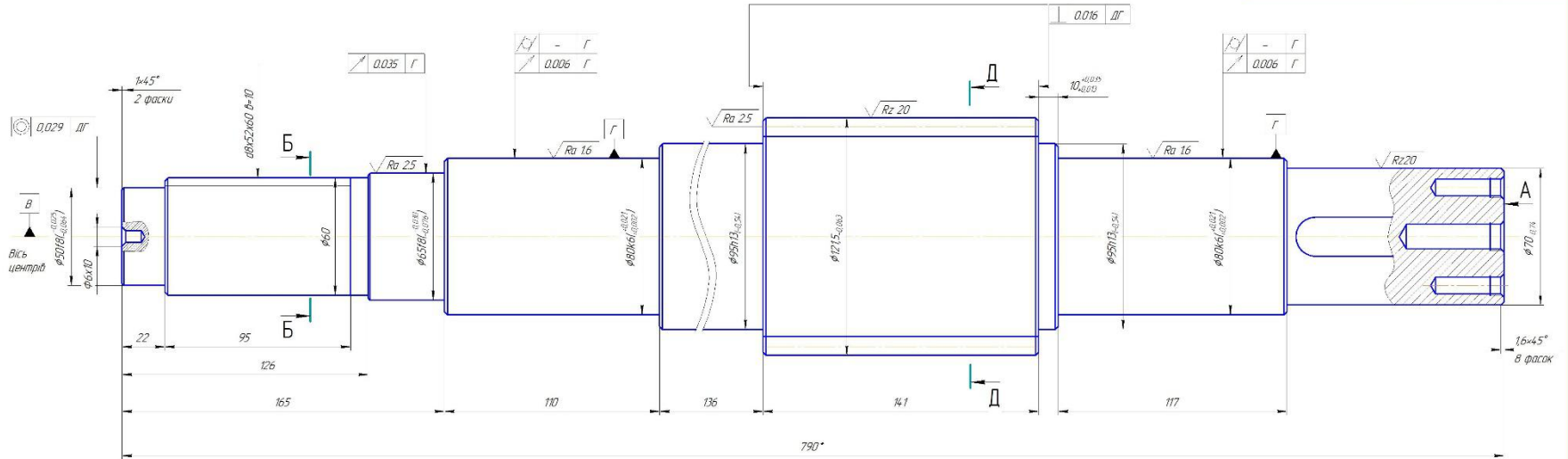
- Визначити методику запалювання та горіння дуги між графітовим електродом та деталями з нанесеною сумішшю суспензії.
- Встановити параметри горіння дуги, які забезпечують стабільну та безперервну роботу.
- Дослідити вплив легувальних порошків, таких як: феромолібден (FeMo60); ферованадій (FeV40) та хром металевий (ACr98), на твердість та структуру поверхневих шарів.
- Розробка робочого місця для реалізації технологічного процесу відновлення деталі електродуговим методом.

Робоче креслення вал-шестерні

08-27МКР.04.0100.000

$\sqrt{Rz\ 80}$

Тип зацеплення		
Модуль	m	5
Число зубців	z ₁	22
Кут нахилу	β	12°
Напрявлення лінії зуба	-	підв
Міжосьова відстань	a _w	340 мм
Діаметр ділення	d _f	112,5 мм
Діаметр впадин зубців	d _i	102 мм



1. НН, n14, z = 22.
2. Покрытии НВ 229-269
3. Зуби гартувати 40.50 ННЗ.
4. * Розмір для впадин

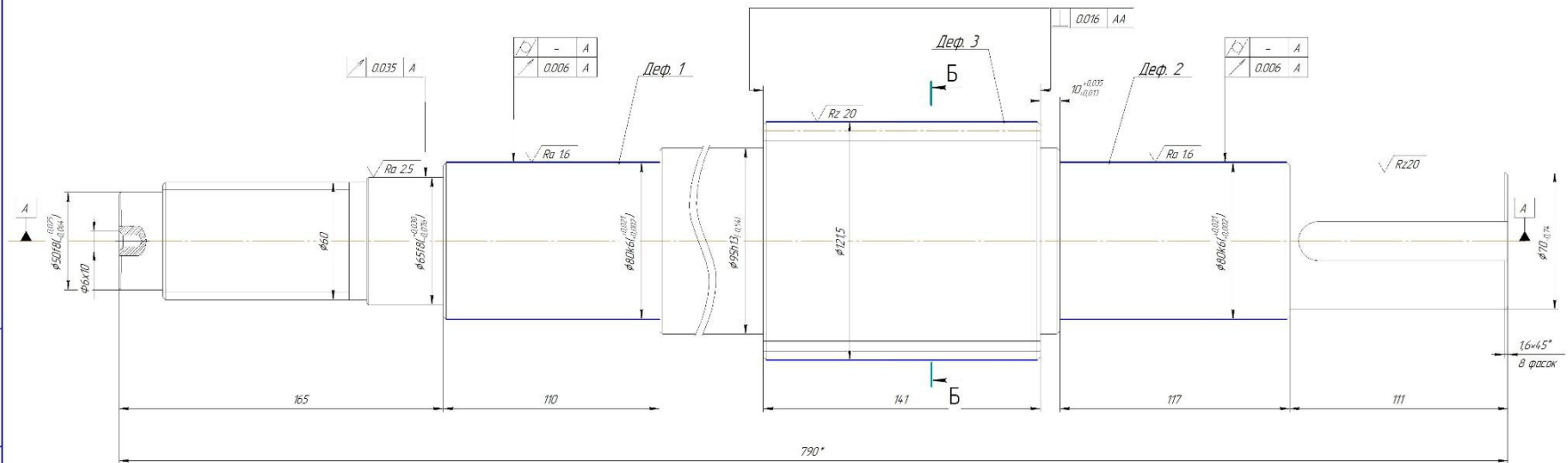
08-27МКР.04.0100.000

08-27МКР.04.0100.000				Лист	Листів	Кількість
Вал-шестерня						11
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71				ВН14, ст. гр. 138-17н		

Ремонтне креслення вал-шестерні

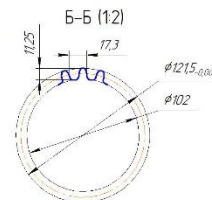
08-27МКР.04.02.00.000 Р

√ Rz 80 (✓)



№ Деф.	Найменування дефекту	Коефіцієнт підтриманості		Із таблиці 1 за д. зручного дефекту	Діагностика стану зручного дефекту
		Найменша кількість виявлених підтриманок на обробленні	Відносна кількість ретельно-продуманих деталей		
1	Знос посадочного отвору під шпindelю до розміру менше $\Phi 19,95$ мм	0,8	0,9	Посадочне намікання стандартним інструментом ПТ 10м 04	Норматив: Діаметр $\Phi 12$ (ГОСТ 7807) ГОСТ 2216-80 в середній частині вузького кола
2	Знос посадочного отвору під шпindelю до розміру менше $\Phi 19,95$ мм	0,8	0,9	Посадочне намікання стандартним інструментом ПТ 10м 04	Норматив: Діаметр $\Phi 12$ (ГОСТ 7807) ГОСТ 2216-80 в середній частині вузького кола
3	Знос посадочного отвору під шпindelю до розміру менше $\Phi 19,95$ мм	0,8	0,9	Посадочне намікання стандартним інструментом ПТ 10м 04	Норматив: Діаметр $\Phi 12$ (ГОСТ 7807) ГОСТ 2216-80 в середній частині вузького кола

Шестерня не приймається для відновлення при наявності сколів і тріщин.



- 1 НН, + ПН, - 2
- 2 Показати НВ 229.269
- 3 * Розмір для відбілю

08-27МКР.04.02.00.000 Р			
№	Вид	№	Вид
1	Лист	1	Лист
2	Лист	2	Лист
3	Лист	3	Лист
4	Лист	4	Лист
5	Лист	5	Лист
6	Лист	6	Лист
7	Лист	7	Лист
8	Лист	8	Лист
9	Лист	9	Лист
10	Лист	10	Лист
11	Лист	11	Лист
12	Лист	12	Лист
13	Лист	13	Лист
14	Лист	14	Лист
15	Лист	15	Лист
16	Лист	16	Лист
17	Лист	17	Лист
18	Лист	18	Лист
19	Лист	19	Лист
20	Лист	20	Лист
21	Лист	21	Лист
22	Лист	22	Лист
23	Лист	23	Лист
24	Лист	24	Лист
25	Лист	25	Лист
26	Лист	26	Лист
27	Лист	27	Лист
28	Лист	28	Лист
29	Лист	29	Лист
30	Лист	30	Лист
31	Лист	31	Лист
32	Лист	32	Лист
33	Лист	33	Лист
34	Лист	34	Лист
35	Лист	35	Лист
36	Лист	36	Лист
37	Лист	37	Лист
38	Лист	38	Лист
39	Лист	39	Лист
40	Лист	40	Лист
41	Лист	41	Лист
42	Лист	42	Лист
43	Лист	43	Лист
44	Лист	44	Лист
45	Лист	45	Лист
46	Лист	46	Лист
47	Лист	47	Лист
48	Лист	48	Лист
49	Лист	49	Лист
50	Лист	50	Лист
51	Лист	51	Лист
52	Лист	52	Лист
53	Лист	53	Лист
54	Лист	54	Лист
55	Лист	55	Лист
56	Лист	56	Лист
57	Лист	57	Лист
58	Лист	58	Лист
59	Лист	59	Лист
60	Лист	60	Лист
61	Лист	61	Лист
62	Лист	62	Лист
63	Лист	63	Лист
64	Лист	64	Лист
65	Лист	65	Лист
66	Лист	66	Лист
67	Лист	67	Лист
68	Лист	68	Лист
69	Лист	69	Лист
70	Лист	70	Лист
71	Лист	71	Лист
72	Лист	72	Лист
73	Лист	73	Лист
74	Лист	74	Лист
75	Лист	75	Лист
76	Лист	76	Лист
77	Лист	77	Лист
78	Лист	78	Лист
79	Лист	79	Лист
80	Лист	80	Лист
81	Лист	81	Лист
82	Лист	82	Лист
83	Лист	83	Лист
84	Лист	84	Лист
85	Лист	85	Лист
86	Лист	86	Лист
87	Лист	87	Лист
88	Лист	88	Лист
89	Лист	89	Лист
90	Лист	90	Лист
91	Лист	91	Лист
92	Лист	92	Лист
93	Лист	93	Лист
94	Лист	94	Лист
95	Лист	95	Лист
96	Лист	96	Лист
97	Лист	97	Лист
98	Лист	98	Лист
99	Лист	99	Лист
100	Лист	100	Лист

Вал-шестерня

Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

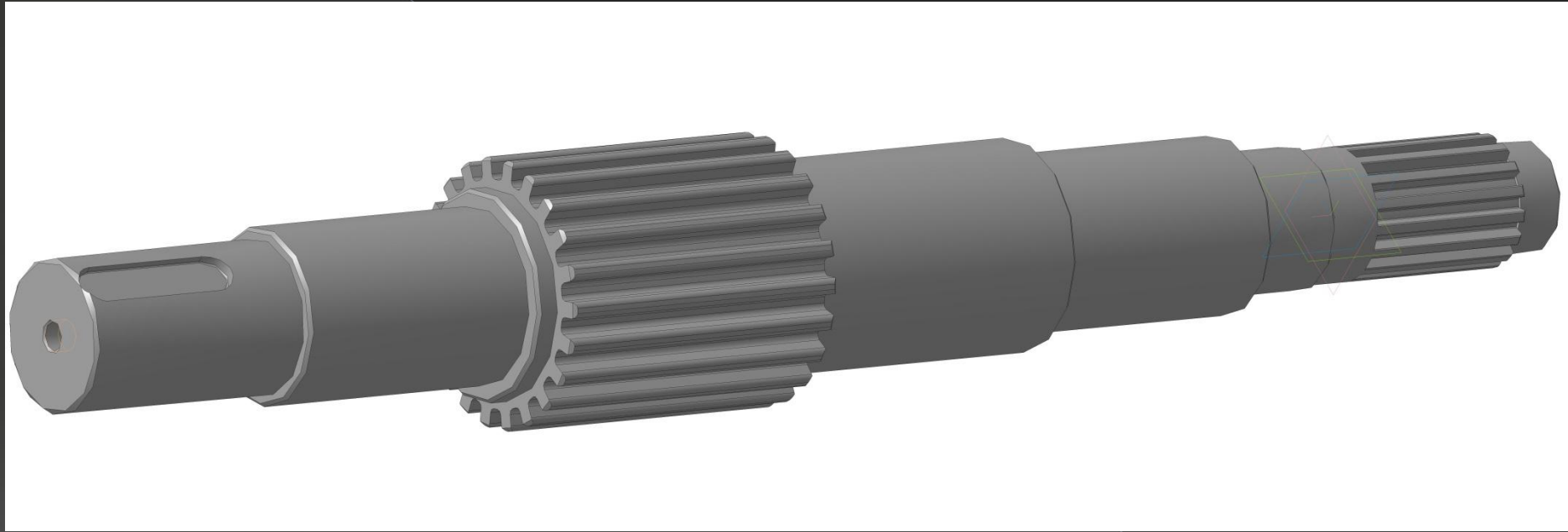
Категорія

11

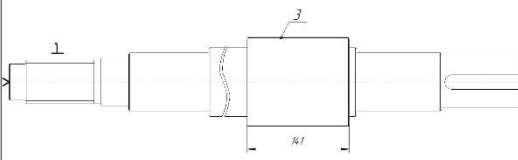
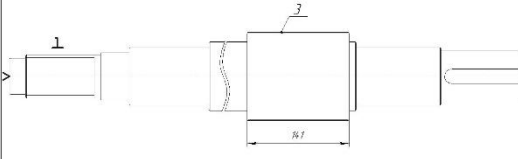
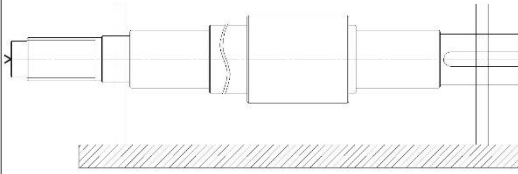
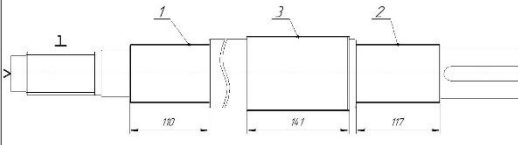
ВНТЧ, стр. 138-17М

Формат А1

3d модель вал-шестерні



Технологічний маршрут відновлення вал-шестерні

№	Найменування операцій та технічних переходів	Схема устанавлення	Обладнання
005	<p><i>Мийна</i></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Мити деталь розчином "Лабомід 101";</p>		<p>Службово-камерна машина ОН-4-610</p>
010	<p><i>Дефектувальна</i></p> <p>1. Дефектувати деталь та визначити всі дефекти, які потрібно відновити;</p>		<p>1. Контрольний стіл 2. Мікрометр МК 150-2 ГОСТ 6507-90 3. Штангенциркуль ГОСТ 166-89</p>
015	<p><i>Термічна обробка</i></p> <p>1. Відпустити зубці</p>		<p>Індукційна піч КУ-198</p>
020	<p><i>Токарна (чорнова)</i></p> <p>1. Встановити та закріпити; 2. Точити пов. пов. 3 до розміру $\phi 102$ мм. 3. Зняти деталь.</p>		<p>Токарно-гвинтарізнний верстат 16K20 та різець прохідний прабий з матеріалу Т5К10</p>
025	<p><i>Наплавлявальна</i></p> <p>1. Встановити та закріпити; 2. Наплавити поверхню 3 до розміру $\phi 123,4$ мм. 3. Зняти деталь.</p>		<p>Установка для наплавлення УД-209М дріт НП-30 ХГСА</p>
030	<p><i>Термічна обробка</i></p> <p>Відпустити вал при $T=550$ °С,</p>		<p>Індукційна піч КУ-198</p>
035	<p><i>Правка</i></p> <p>1. Установити деталь; 2. Правити вал; 3. Зняти деталь.</p>		<p>Правильний прес</p>
040	<p><i>Токарна операція</i></p> <p>1. Встановити та закріпити деталь; 2. Точити пов. 3 в розмір $\phi 122,2_{-0,2}$ мм, та пов. 1 і 2 до розміру $\phi 79_{-0,5}$ мм. 3. Зняти деталь</p>		<p>Токарно-гвинтарізнний верстат 16K20</p>

№	Найменування операції та технічних переходів	Схема установки	Обладнання
045	<p>Напилювальна</p> <p>1. Встановити та закріпити; 2. Напилити пов. 1 та 2 до розміру $\phi 81,81$ мм. 3. Переустановити деталь. 4. Зняти деталь.</p>		Установка для напилення УФПЧ-112 (ПН)
050	<p>Фрезерна</p> <p>1. Встановити та закріпити; 2. Фрезерувати пов. 3 до розмірів за ескізом. 3. Зняти деталь.</p>		Зубофрезерний верстат 53А11 та червячна фреза правозакінена
055	<p>Легування (електроіскрабе) Легувати пов. 3;</p>		Модернізована установка УД-209М
060	<p>Шліфувальна (Поверхня 1)</p> <p>1. Установити та закріпити деталь; 2. Шліфувати поверхню 1 до розміру $\phi 80,2$ мм (чорнова); 3. Шліфувати поверхню 1 до розміру $80k6^{+0,004}_{-0,015}$ мм (чистова); 4. Зняти деталь.</p>		Круглошліфувальний верстат 3А110А
065	<p>Шліфувальна (Поверхня 2)</p> <p>1. Установити та закріпити деталь; 2. Шліфувати поверхню 2 до розміру $\phi 80,2$ мм (чорнова); 3. Шліфувати поверхню 2 до розміру $80k6^{+0,004}_{-0,015}$ мм (чистова); 4. Зняти деталь.</p>		Круглошліфувальний верстат 3А110А
070	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Встановити та закріпити деталь; 2. Шліфувати зщів до розмірів за ескізом; 3. Зняти деталь.</p>		Зубошліфувальний верстат 5ДВ33Д
075	<p>Контрольна</p> <p>1. Установити деталь; 2. Контролювати розмір пов. 1 до розміру $\phi 80k6^{+0,004}_{-0,015}$ мм; 3. Контролювати розмір пов. 2 до розміру $\phi 80k6^{+0,004}_{-0,015}$ мм; 4. Контролювати розмір пов. 3 до розміру $\phi 121,5f8^{+0,023}_{-0,023}$ мм; 5. Зняти деталь.</p>		Контрольний стіл, інструмент для вимірювання (мікрометр, штангенциркуль)

Проведення дослідів

Метою дослідження є модифікування робочих поверхонь деталі легувальною сумішшю за допомогою плазми дуги графітового електрода. В якості матеріалу для зразків використовувалась сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Легувальна суміш складалась з таких компонентів: молібден; ванадій; хром.

Зразки до просушування



Зразки після просушування



Модифікування проводилось на модернізованій установці УД 209М на таких режимах: – для першого зразка сила струму 100 А та швидкість переміщення електроду 11 м/год; – для другого і третього зразка було застосовано режими: силу струму 100 А, швидкість переміщення електроду – 5 м/год.

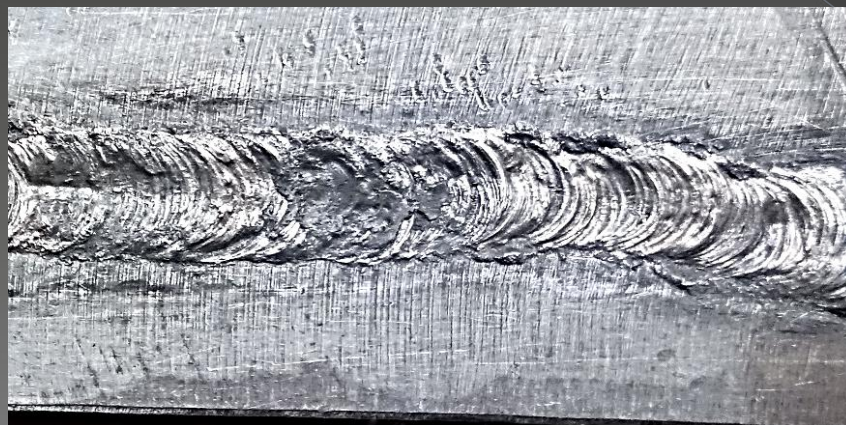
1 зразок



2 зразок



3 зразок



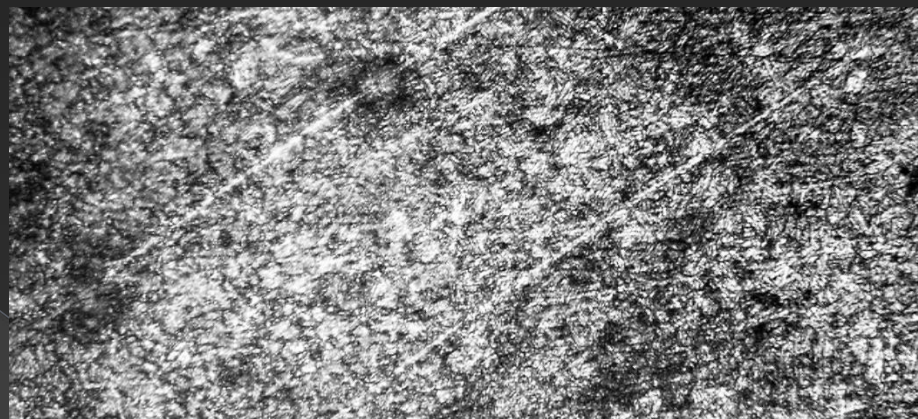
Аналіз утвореної структури

Структура першого зразка з молібденом 0.5%

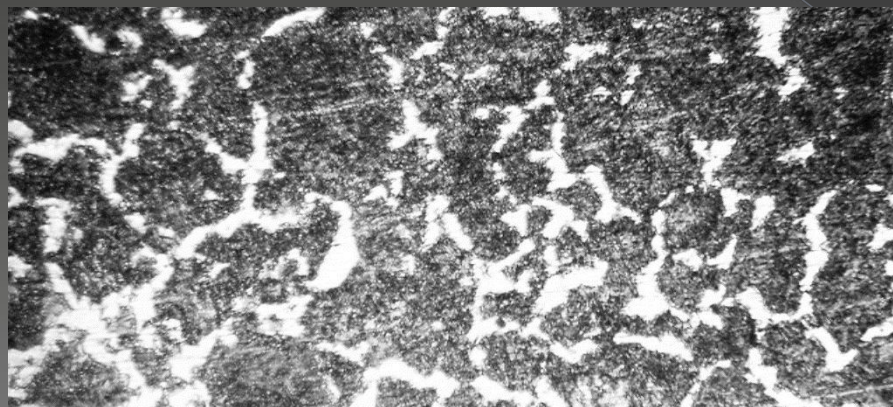
1 зона



2 зона

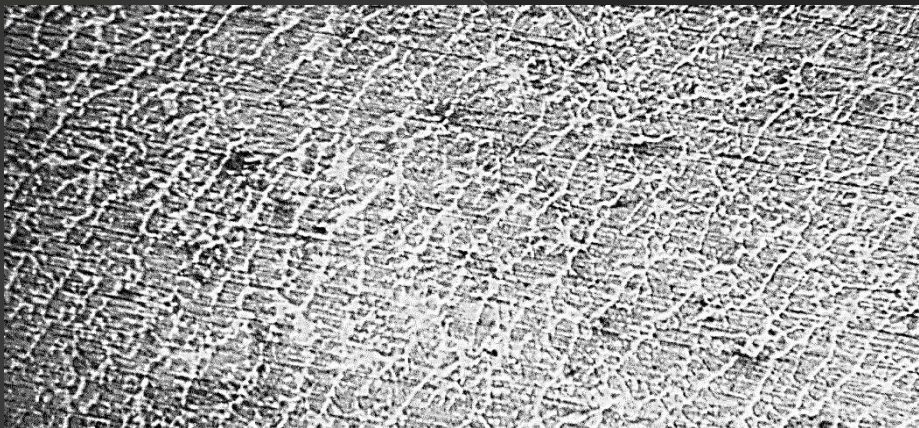


3 зона

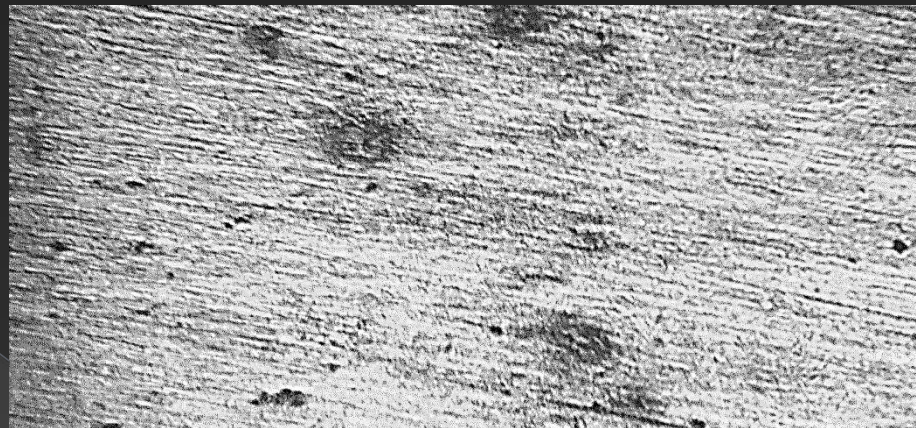


Структура другого зразка з молібденом 0.5%
та ванадієм 0.3%

1 зона



2 зона

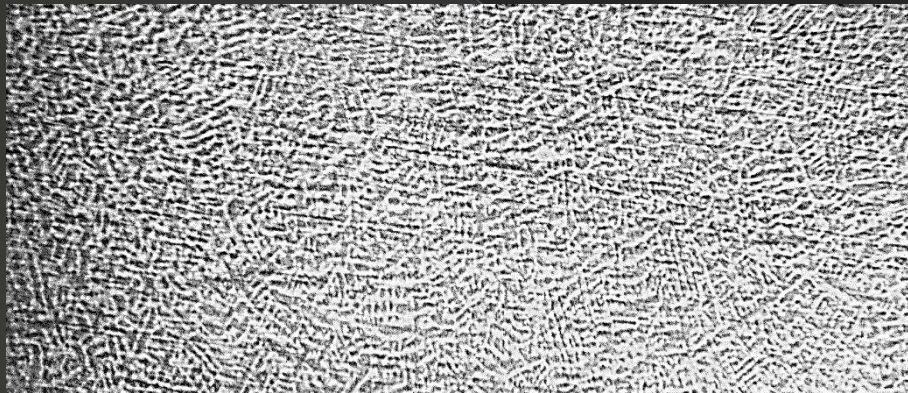


3 зона



Структура третього зразка з вмістом молібдену 0.5%,
ванадію 0.3% та хрому 2%

1 зона



2 зона



3 зона



4 зона



Зони переходу між шарами структур

Зони переходу: а) між першим і другим шаром;

б) між другим і третім шаром.

а)

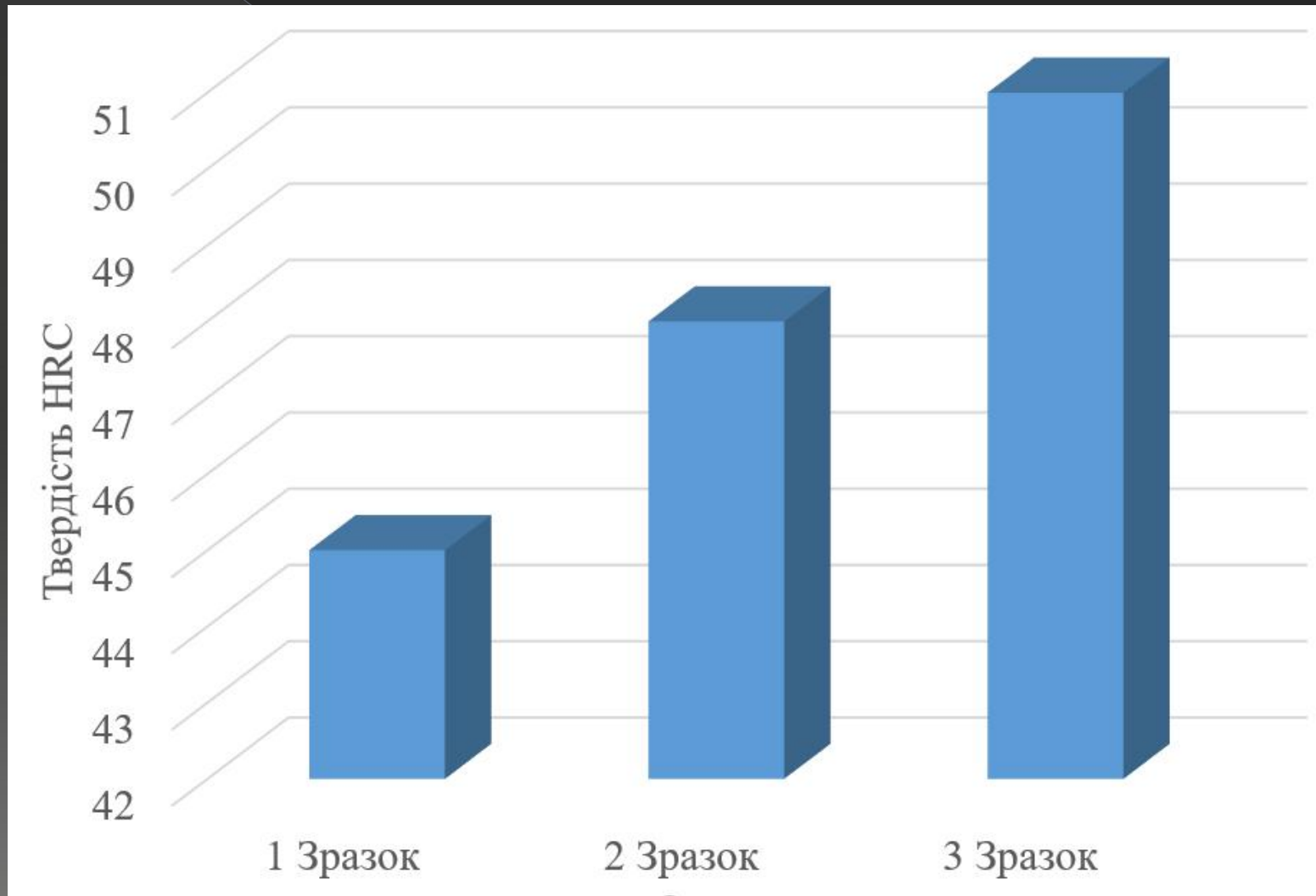


б)

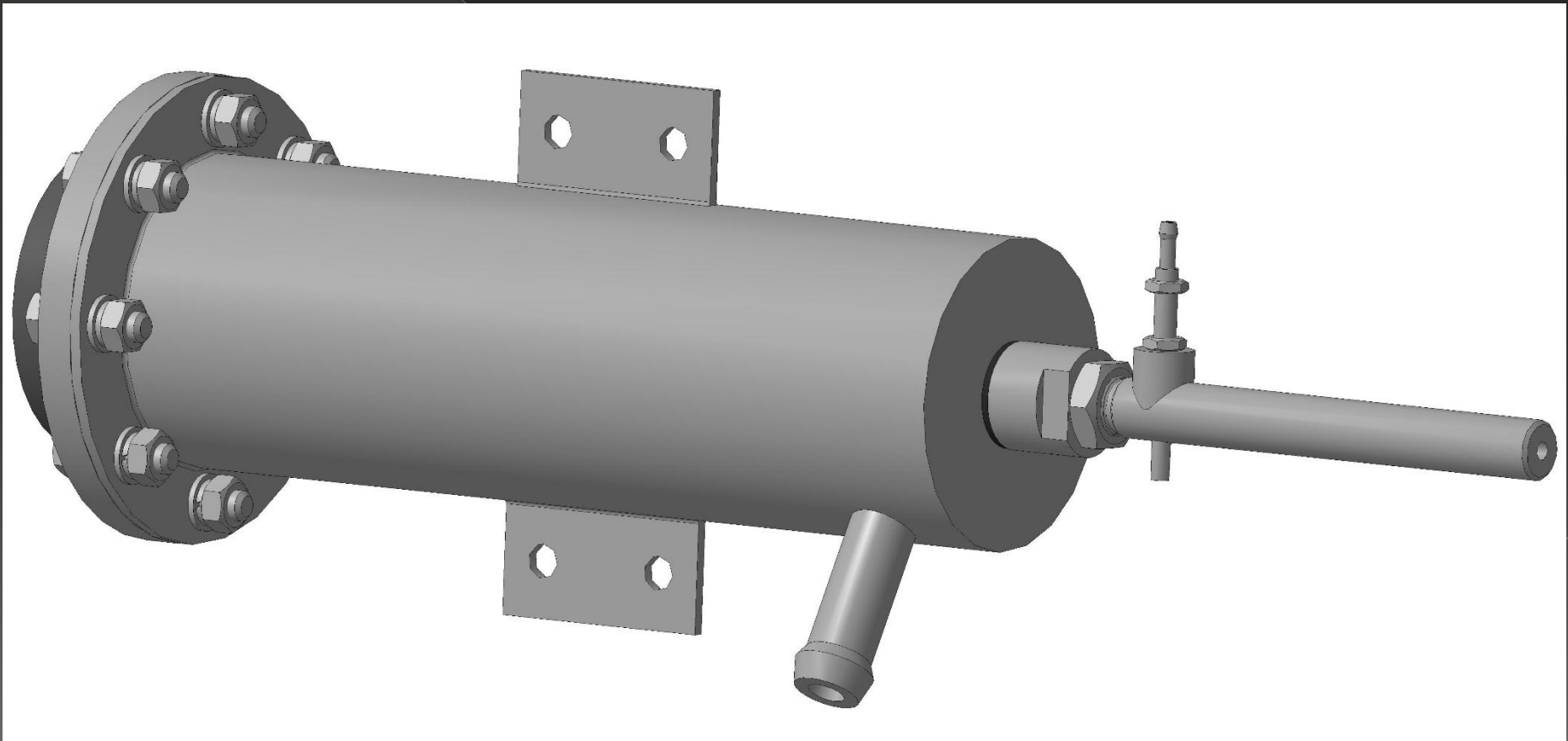


Аналіз твердості зразків

Залежність твердості сталі від вмісту компонентів

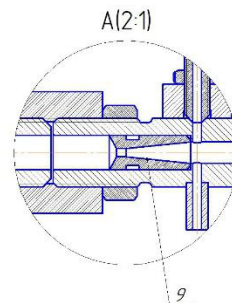
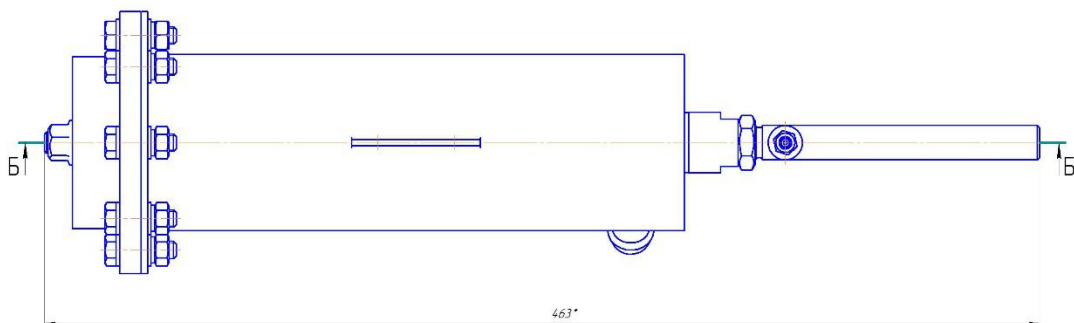
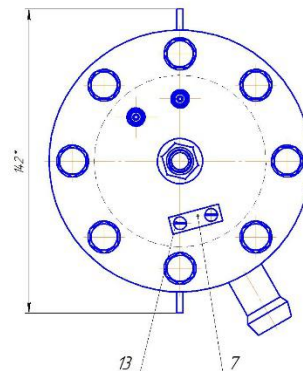
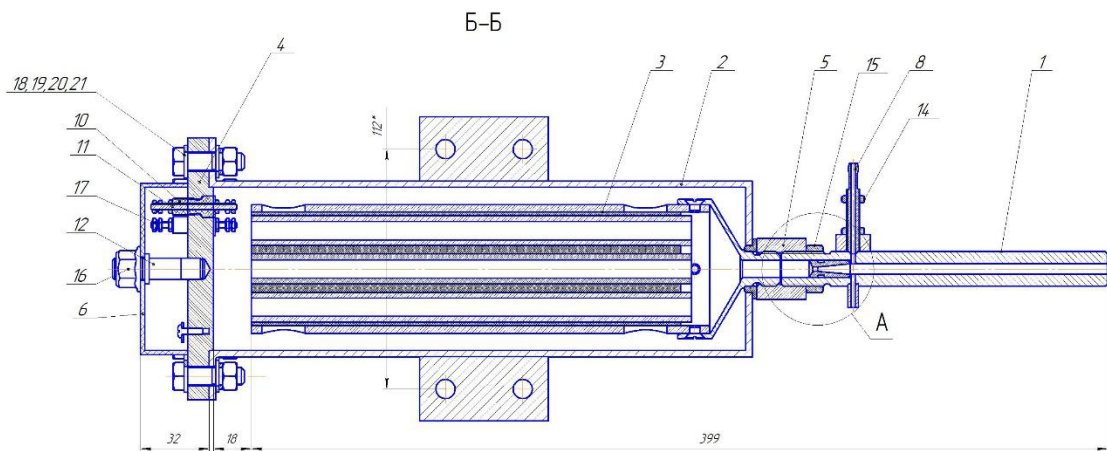


Обладнання з ЧПК
Газодинамічний напілюючий пристрій
Зд модель



2 д креслення напилювального пристрою

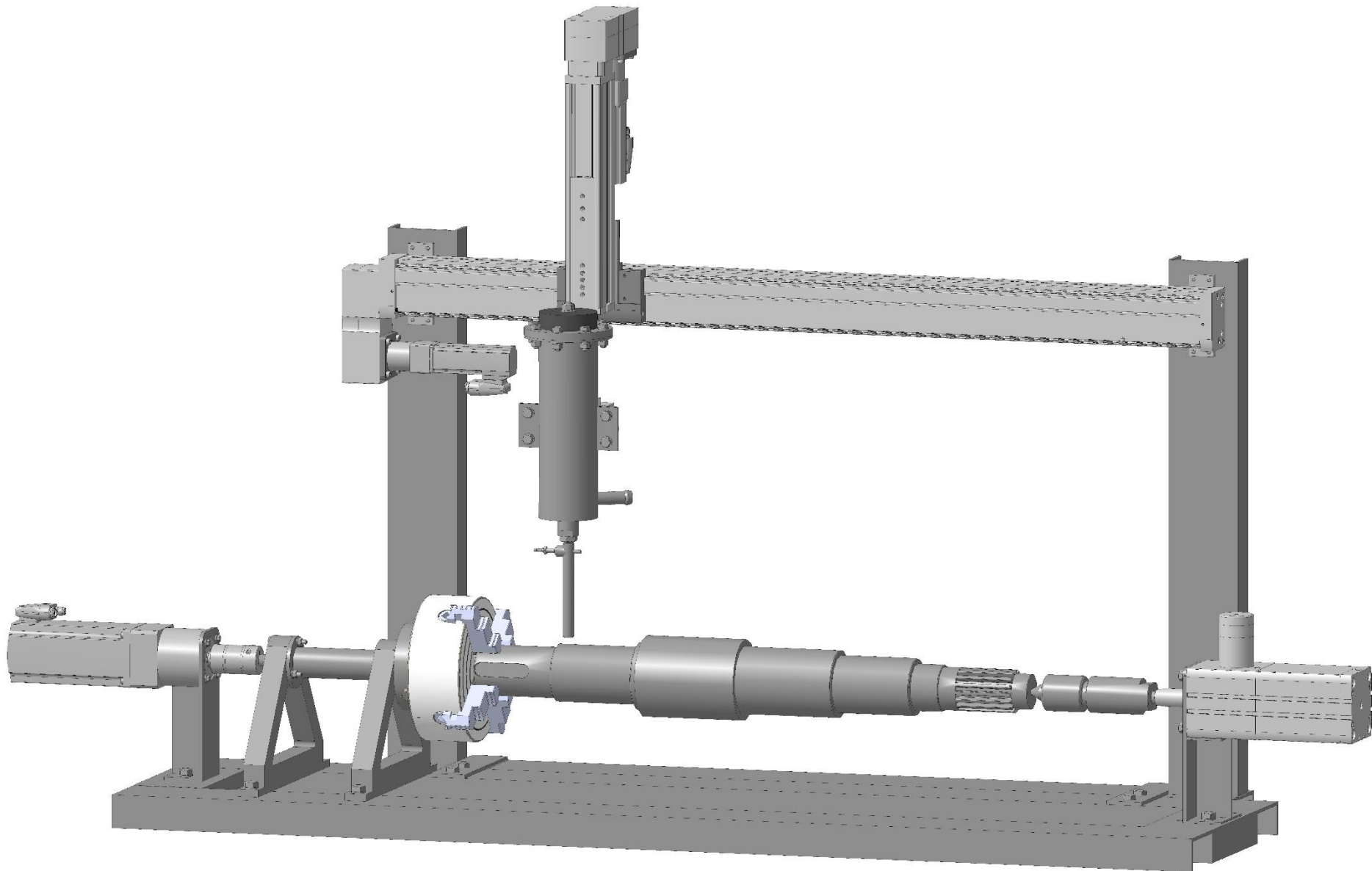
08-27.МКР.04.14.01.000 СК



* Розміри для виробки:

				08-27.МКР.04.14.01.000 СК		
				Лист	Назва	Креслення
				Напилювач		
Висл. імен.	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	Лист	Листів	1
Розроб.	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	ВНТУ		
Кресленик	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	Ст. 20-38-17М		
Н.С.С.	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	Формат А1		
Виб.	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	В.П. Шевченко	Креслення		

Установка з ЧПК 3д модель

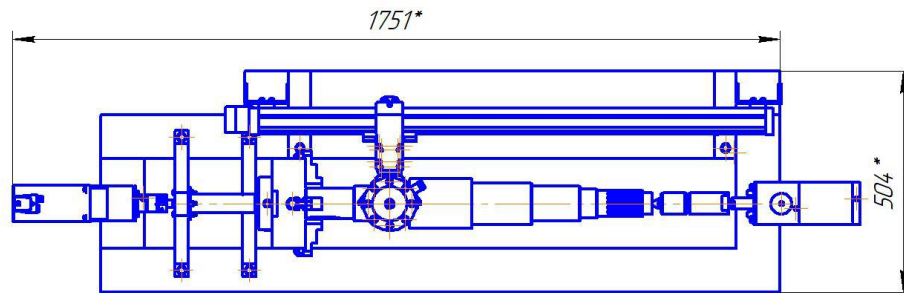
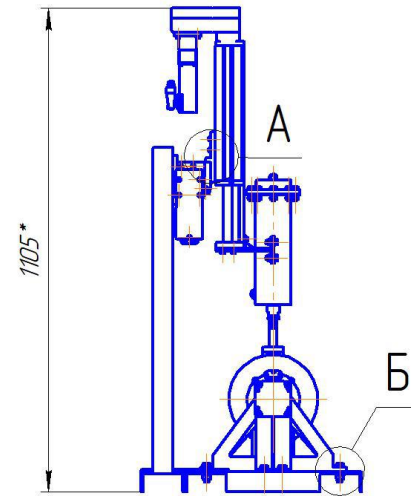
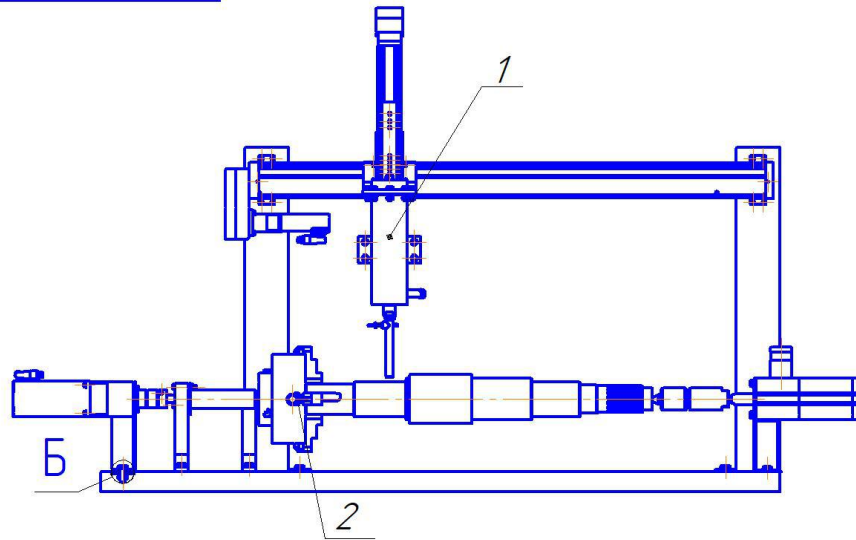


Установка з ЧПК 2д

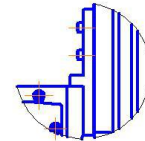
08-27.МКР.04.14.00.000 СК

Перед. приман.

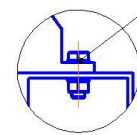
Спроб. №



А(1:4)



Б(1:4)



- 4
- 5
- 6
- 7

* Розмір для довідок;

Підп. і дата

Інв. № докл.

Взам. инв. №

Підп. і дата

Інв. № годл.

				08-27.МКР.04.14.00.000 СК			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Дмитрієв Н. С.						1:10
Проб.	Савуляк В. І.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.	Шенфельд В. Й.				ВНТУ		
Утв.	Поліщук Л. К.				ст. гр. 13В-17м		

Копировав

Формат А3

Висновки наукового дослідження:

Було виготовлено зразки та проведено дослідження по підвищенню твердості за допомогою плазми вугільного електроду. При цьому спостерігалось два явища: перше – вплив вугільного електроду; та друге, вплив легуючих елементів на структуру поверхневого шару. Завдяки даним явищам вдалося підвищити твердість до 52 HRC, та отримати чудову дрібнозернисту структуру, яка має цементитну сітку у верхніх шарах, що забезпечить стійкість до зносу, та м'якшу структуру під верхніми шарами, що забезпечить ударну в'язкість, та зменшить можливість появи мікротріщин.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто дослідження у яких проводилось модифікування поверхневих шарів за допомогою методів хіміко-термічної обробки, проведено їх аналіз та виділено недоліки.
2. Експериментально досліджено процес модифікування поверхневого шару сталевих деталей методом обробки плазмою дуги графітового електроду на сталі 40Х.
3. Аналіз отриманих результатів показав:
 - Модифікування поверхні вдалось виконати на глибину до 5 мм, з використанням сили струму – 100 А та напрузі 50 – 60 В.
 - Вдалось підвищити твердість поверхневого шару до 52 HRC.
 - Структура поверхневого шару стала дрібнозернистою та багат шаровою, в верхньому шарі спостерігалась цементитна сітка, завдяки якій зросла стійкість до абразивного зношування.
4. Встановлено, що завдяки легуючим елементам (молібдену, ванадію, хрому) підвищується твердість поверхневого шару з дрібнозернистою структурою, причому забезпечується ударна в'язкість та м'яка структура основного металу під верхніми шарами.
5. Розраховано та обрано компоненти до установки для відновлення деталі. Модернізовано пристрій для газодинамічного напилення.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !!!