

Вплив електроімпульсної обробки на підвищення якості та експлуатаційних властивостей відновлених поверхонь вал-шестерні

Студент гр.ЗВ-16м

Левандовський П.В.

Керівник к.т.н., доц.

Шиліна О.П.

Головними завданнями цієї роботи :

- Використати потужні джерела енергії які здатні впливати на структуру і фізичні властивості поверхневого шару деталей, і підвищення якості відновлених поверхонь.
- Отримати на зразках однорідні шари, які являють собою тверді розчини легуючих елементів у металевій матриці.
- Розробити технологію зміцнення на основі електроімпульсних методів.
- Дослідити вплив електроімпульсного проходження струму крізь зразки, з метою встановлення можливості швидкісною термічної обробки.
- Оцінити структуру, глибину і товщину утвореного покриття.

Наукова новизна

1. Встановлено, що електроімпульсний нагрів своєрідно впливає на розчинення карбідної фази та перерозподіл вуглецю і легуючих елементів між твердим розчином та карбідами.

2. Встановлено, що в результаті електроімпульсної обробки можна досягти додаткового легування твердого розчину молібденом, вольфрамом і, що особливо важливо, ванадієм, в результаті збільшення міцності і пластичних характеристик, а також збільшення теплостійкості.

3. Показано, що при електроімпульсному нагріві створюються не рівномірні структури в одному зразку, що пов'язано зі значним різким перегрівом матриці, крім цього в структурі присутня значна кількість аустеніту.

4. Показано, що збільшення кількості імпульсів з великою енергією може бути причиною виникнення значних термічних напружень, за рівнем навіть вищим від міцності цього ж металу

Практичне значення одержаних результатів

Розроблена технологія електроіпульсної обробки зразків з інструментальної сталі. Це дозволило обрати оптимальний варіант термічної обробки електроіпульсним джерелом енергії. Покращена структура металу і підвищена його службова характеристика.

Основні положення та результати наукової роботи доповідалися й обговорювалися на конференціях: III-ої та VII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій» (м.Вінниця 2016, 2017), XLVI НТК ВНТУ.

За темою наукової роботи опубліковано 6 статей у збірниках праць наукових конференцій.

Електроімпульсна хіміко-термічна обробка

- Проблема підвищення експлуатаційного терміну інструментальних матеріалів вирішувалось за рахунок пропускання струму крізь зразки зі сталей Р6М5 та 40Х, з метою встановлення можливості швидкісної хіміко-термічної обробки.
- Мета дослідження: отримати на зразках однорідні шари, які являють собою тверді розчини легуючих елементів в металевій матриці.
- Задача дослідження – вибір оптимального варіанта, проведення термічної обробки імпульсним джерелом енергії.

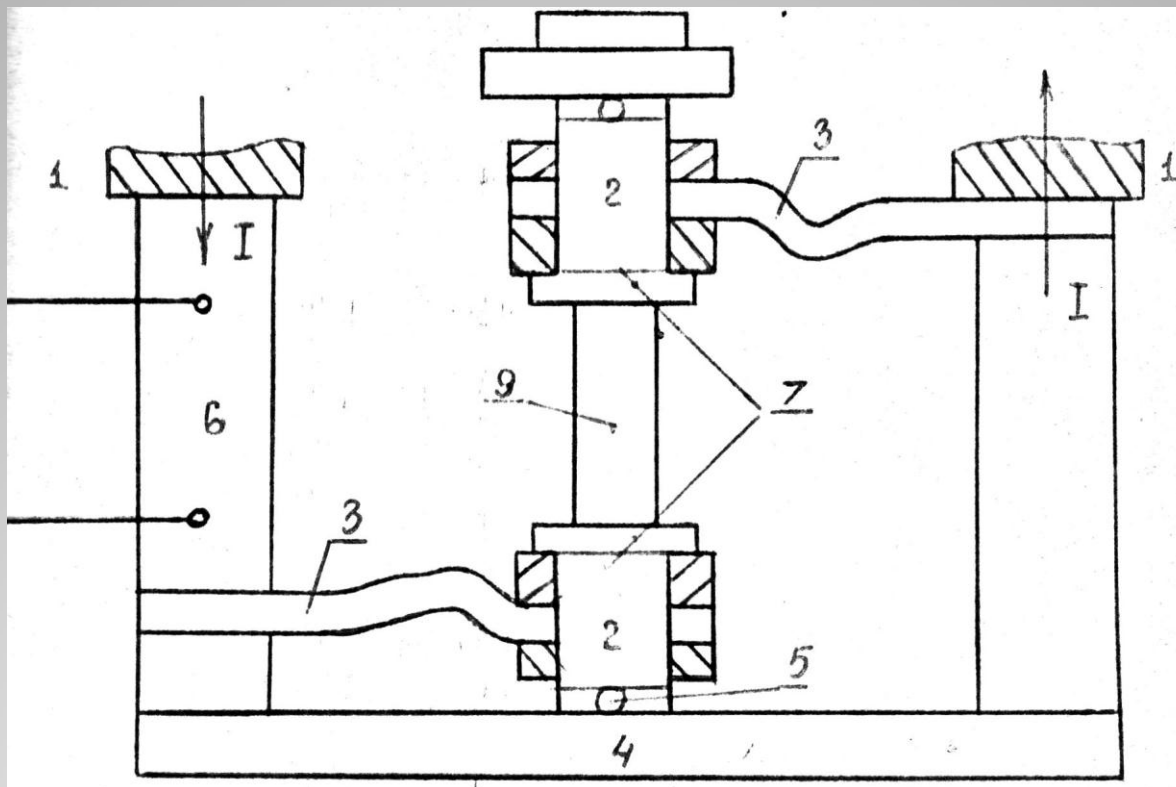


Рисунок 1.4 - Схема експериментальної установки швидкого уніполярного генератора, на якій виконувались експерименти

- В результаті дії енергії на зразки було виявлено наступне:
- Зразки не повинні мати концентраторів напруг, тобто без надрізів та напливів;
- Зразки на згин втратили форму і для подальших випробувань не прийнятні;
- При дії на зразки з енергією, при якій температура нагріва більша за 1500°C вони потекли, тобто розплавившись, що призвело до необхідності виготовленні спеціального оснащення .

- **Методика, об'єкти і матеріали досліджень**
- Дослідження проводили з використанням сталі Р6М5, сталі 40Х. Об'єктами досліджень слугували зразки, виготовлені для використання на ударну в'язкість та згин.
- Хімічний склад досліджуваних сталей відповідав ГОСТу, дані наведені в таблиці

Таблиця – Хімічний склад досліджуваних сталей

Сталь	Хімічний склад, % ваги				
	С	W	Mo	Cr	V
Р6М5	0,81	5,71	5,10	3,76	2,15
40Х	0,36...0,4 4%	-	-	0,8...1,1 %	-

Технологія електроімпульсної обробки

- Сталь Р6М5 у відпаленому стані складається на 20% із складних карбідів і заліза. Температура її складних евтектик приблизно така сама як у конструкційних сталей 1149 – 1150°С. Температура перегріву під гартування 1280° С, інтервал плавлення 1300...1400° С.
- Знаючи температурний інтервал, оцінювали якість енергії яка необхідна для нагріву зразка до T_x за формулою:

$$W = \int_{T_0}^{T_x} C_p(T) \cdot \gamma \cdot dT \quad (2.1)$$

- Або наближено в інтервалі температур:

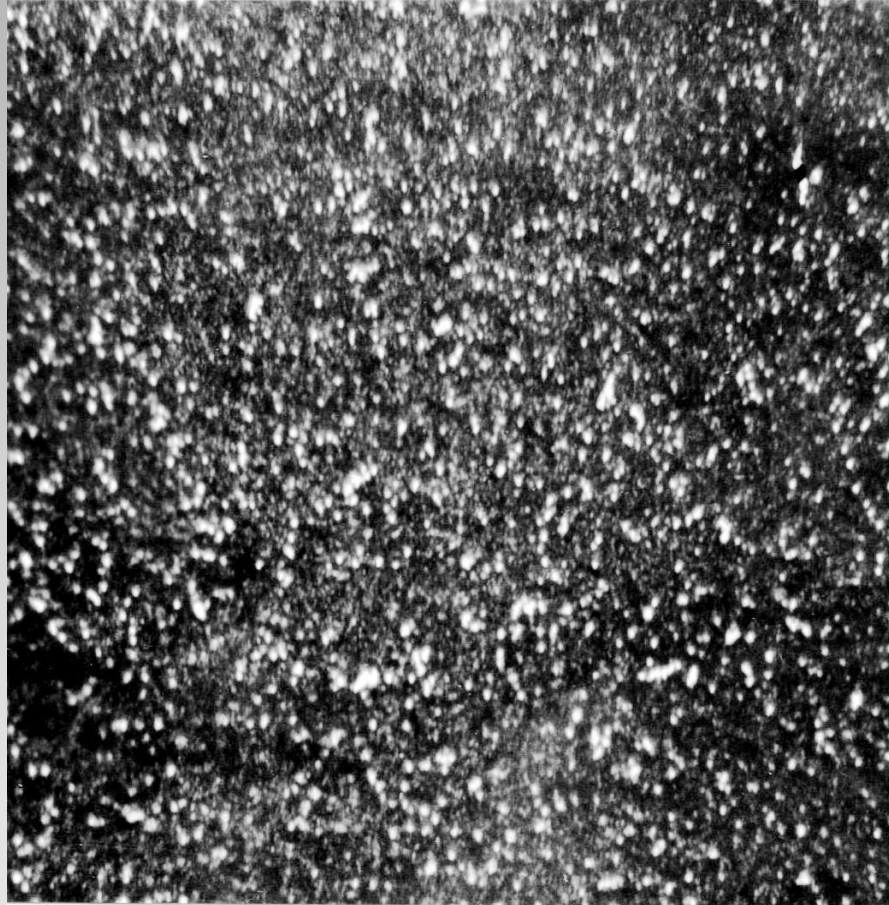
$$W = C_p(T) \cdot \gamma \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

- Безпосередня реєстрація температури відбувалось термопарою ХА (100 с/4мв) – інерційність термопар не більш як 0,5 секунди.

Вплив електроімпульсного нагріву на структуру в початковому стані

Експериментально доведено, що кращі результати досягаються після імпульсної обробки згідно режиму: $W = 36...42$ кДж; $I = 27$ кА; тривалість імпульсу $\tau = 0,6$ с. Температура, зафіксована термопарою знаходиться в межі 1200°C , розрахункова температура $\sim 1350^{\circ}\text{C}$.

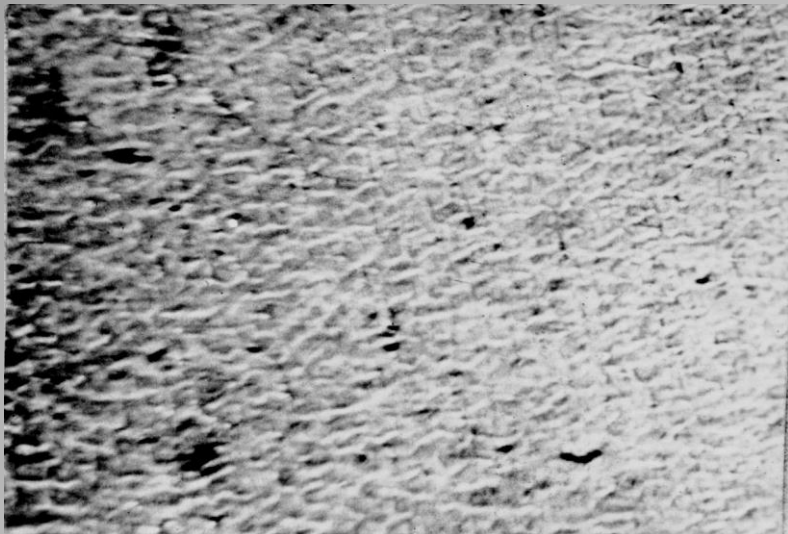
Матеріал	$W,$ кДж	$T_p,$ C	$T_{тп},$ C	$I,$ кА	Електр од	КС, мДж/ м ²	Тверді сть HRC
40X	Сирий					0,858	23...25
	Закалка					0,613	43...44
	Закалка + відпуск					0,735	46...50
	25	1080	-	40	Мо	0.098	15...17
	30	1160	-	43	Мо	зігнувс я	22...26



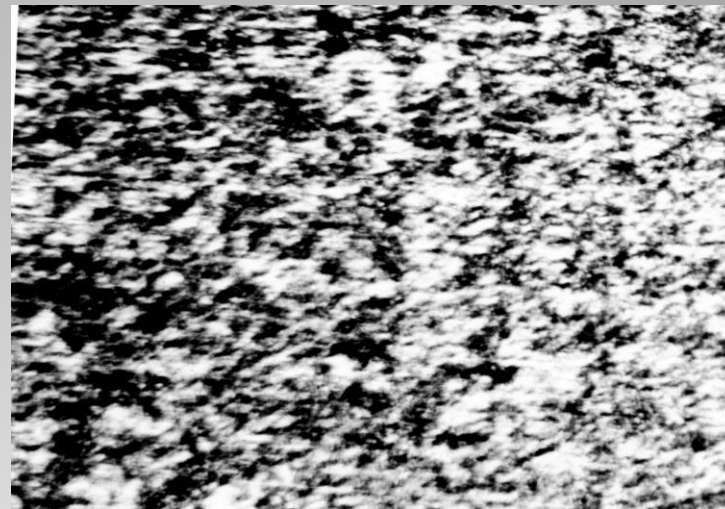
**Мікроструктура сталі Р6М5 у
відпаленому стані**



**Зразок сталі Р6М5 після електроімпульсної обробки
за оптимальних режимів**

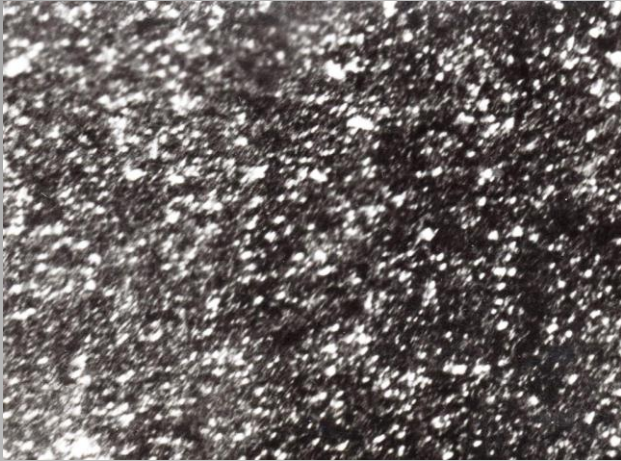


а)

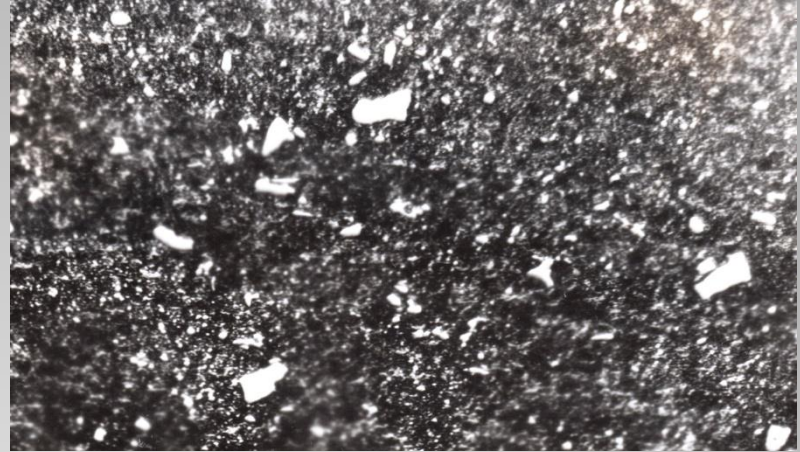


б)

**Мікроструктура зразка зі сталі Р6М5
після подвійного імпульсу $W=36.8$ кДж;
 $I=26.5$ кА. X500**



a) $I = 225 \text{ A}$;



б) $I = 270 \text{ A}$;

**Мікроструктура зразків Р6М5
оброблених з ємкісним
накопичувачем**



після електроімпульсної
обробки на режимах:
 $W=28\text{кДж}$; $T=1080^\circ\text{C}$ I I E

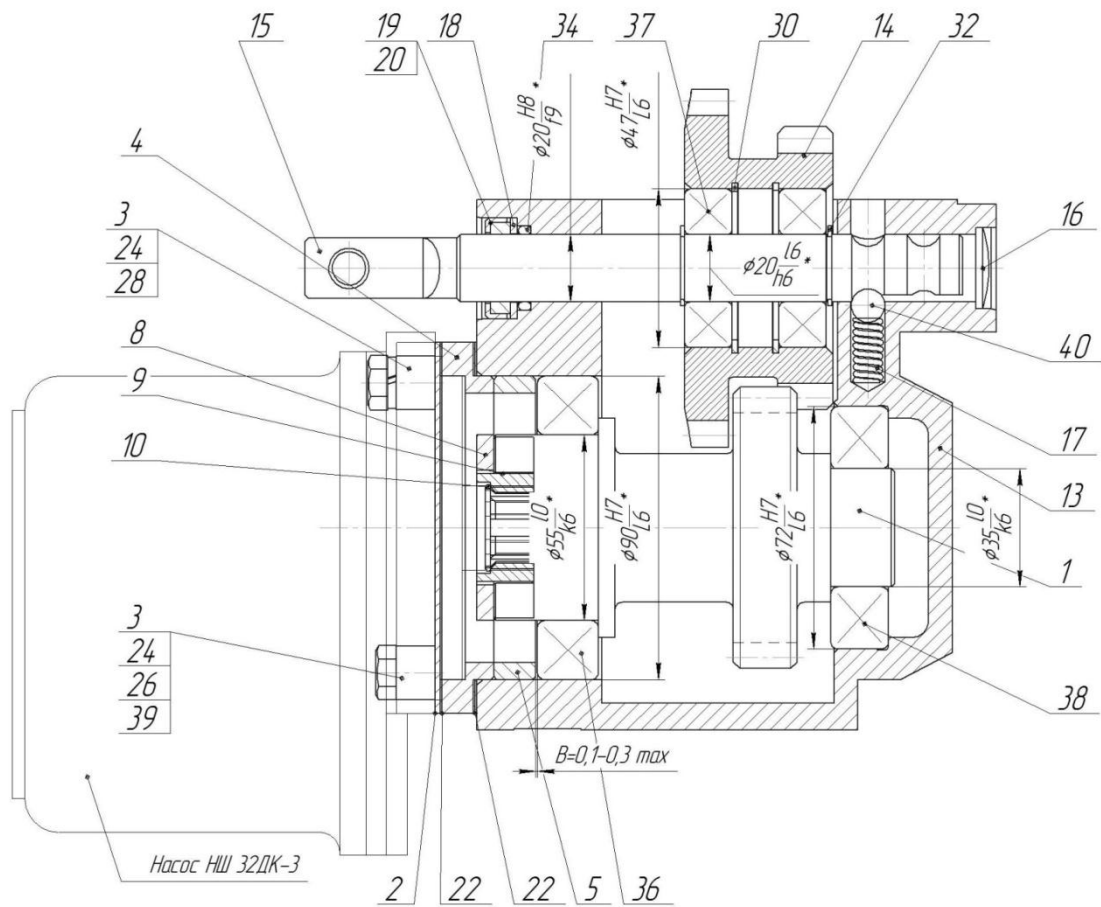


після електроімпульсної
обробки на режимах:
 $W=30\text{ кДЖ}$, $T=1160^\circ\text{C}$

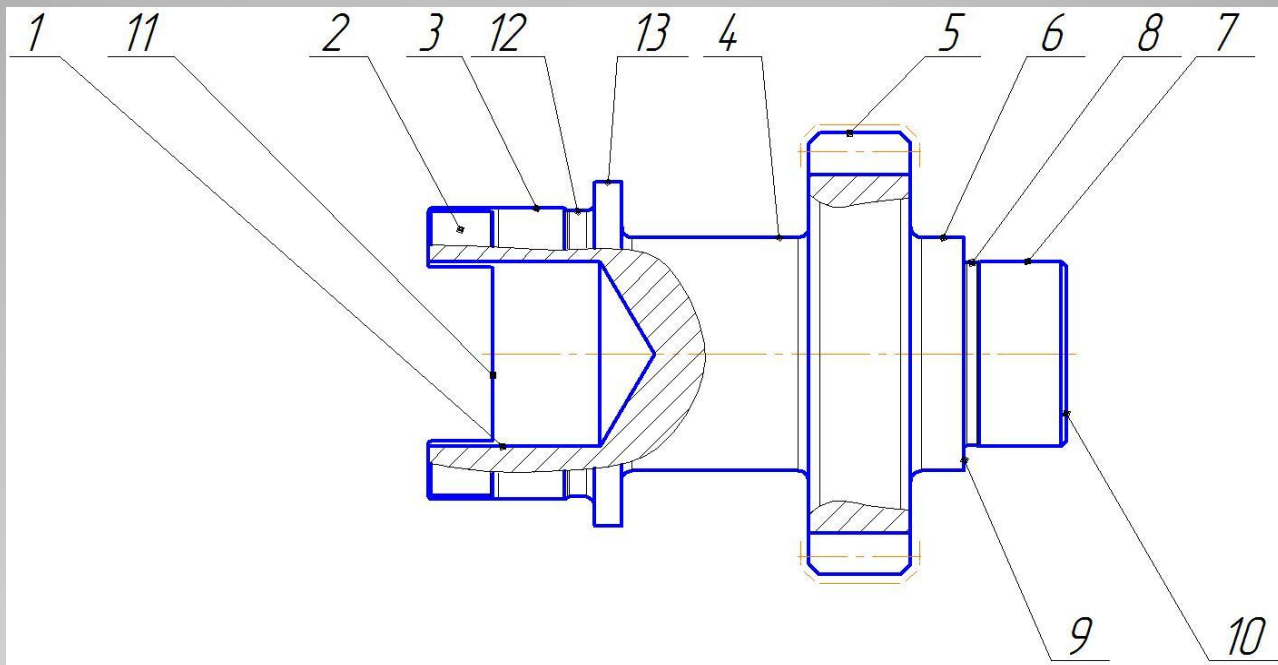
Мікроструктура сталі 40Х

Висновки

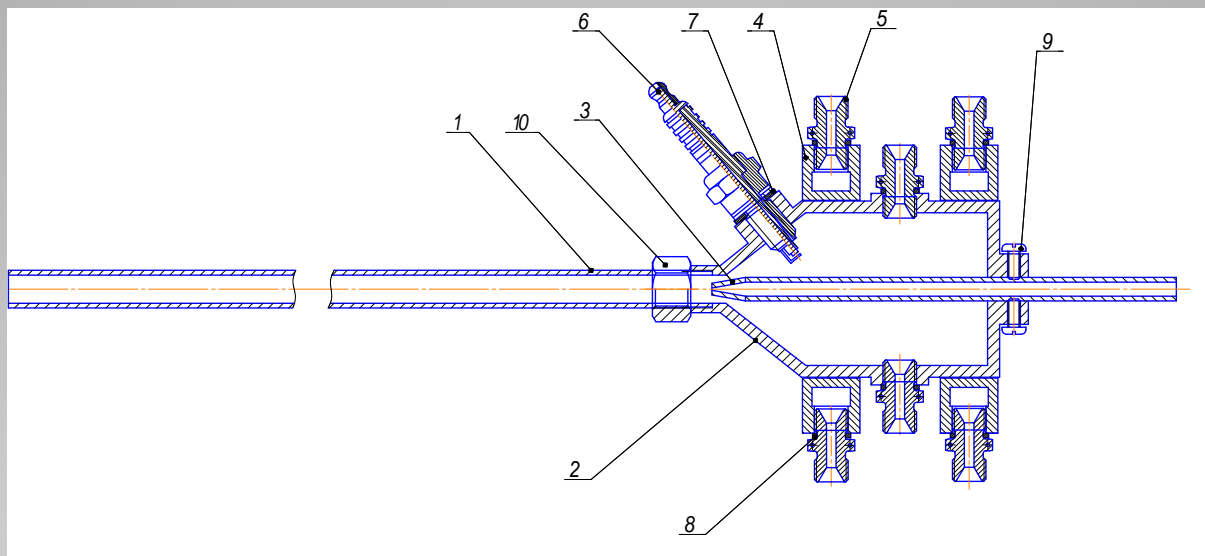
1. Електроімпульсний нагрів своєрідно впливає на розчинення карбідної фази та перерозподіл вуглецю і легуючих елементів між твердим розчином та карбідами.
2. Електроімпульсним нагрівом можна досягнути пониження балу карбідної неоднорідності.
3. При електроімпульсному нагріві створюються не рівномірні структури в одному зразку, що пов'язано зі значним різким перегрівом матриці, крім цього в структурі присутня значна кількість аустеніту.
4. Збільшення кількості імпульсів з великою енергією може бути причиною виникнення значних термічних напружень, за рівнем навіть вищим від міцності цього ж металу



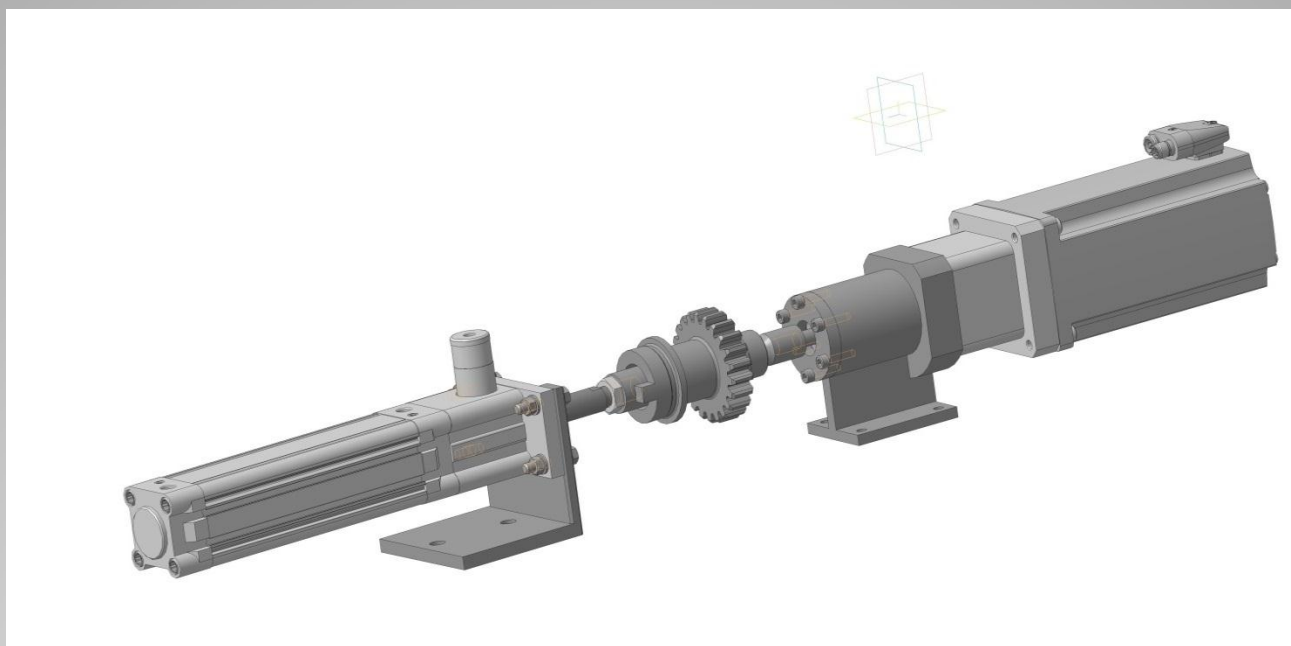
Коробка відбору потужності 3307НШ



Ескіз Вал-шестерні



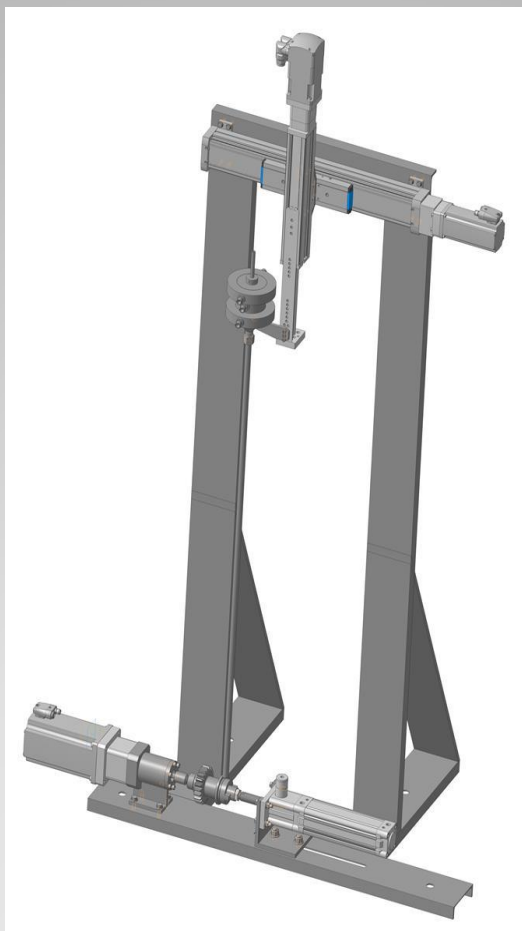
Детонаційний розпилюючий пристрій



Обертач 3D модель



Механізм переміщення детонаційного
розпилювача (3D модель)



Установка з числовим програмним керуванням

Загальні висновки

Одним з перспективних методів зміцнення деталей є електроімпульсна обробка, яка полягає у використанні потужних джерел енергії, здатної впливати на структуру і фізичні властивості металів та сплавів.

В результаті проведених досліджень з електроімпульсного нагріву отримали наступне:

1. Експериментально показана наявність фазових змін під впливом електроімпульсного нагріву.
2. Виявили, що можна досягнути пониження балу карбідної неоднорідності.
3. Дослідження показали додаткове легування твердого розчину молібденом, вольфрамом і, що особливо важливо, ванадієм, в результаті збільшення міцності і пластичних характеристик, а також збільшення теплостійкості.
4. Експериментально показано, що при електроімпульсному нагріві створюються нерівномірні структури в одному зразку, що пов'язано зі значним різким перегрівом матриці, крім цього в структурі присутня значна кількість аустеніту.
5. Збільшення кількості імпульсів з великою енергією може бути причиною виникнення значних термічних напружень, за рівнем навіть вищим від міцності цього ж металу.
6. Розроблено технологічний процес відновлення вал-шестерні коробки відбору потужності. Розглянувши різні методи відновлення та врахувавши їхні позитивні та негативні сторони можна зробити висновок – як метод, що дозволить розв'язати поставлену задачу по відновленню деталі «Вал коробки відбору потужності» можна використовувати метод наплавлення в середовищі захисних газів та детонаційне напилення. Проведено необхідні розрахунки, що забезпечують високу продуктивність відновлення, що в свою чергу зменшує трудомісткість та витрату часу.
7. Удосконалено детонаційну установку для напилювання покриттів, яка дозволяє підвищити довговічність, продуктивність пристрою та можливість регулювання режимів нанесення покриттів.

8. Метод задовольняє наступними параметрами: стабільність якості всієї поверхні; низькі параметри шорсткості для пари тертя; висока продуктивність методу при низькій вартості; використання універсального обладнання, відсутність трудоємких технологічних операцій.

9. Для автоматизації процесу відновлення спроектовано установку з числовим програмним керуванням, яка дозволяє наносити покриття без участі людини.

10. Розроблено конструкторську документацію на складальне креслення установки з числовим програмним керуванням з використанням виконавчих механізмів із застосуванням сучасних інформаційних комп'ютерних технологій та комплектуючих фірми Festo;

11. Використання модернізованого технологічного процесу на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект. Впровадження модернізованого технологічного процесу потребує від інвестора 9000 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 1800984 грн.

Дякую за увагу