

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Кафедра галузевого машинобудування

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ  
ПОВЕРХОНЬ ШЛІЦЕВИХ ВАЛІВ



Магістерська кваліфікаційна робота  
08-27.МКР.009.000.00

Виконав: ст. гр. 13В-13 Пушкар М.В.  
Керівник д.т.н., професор. Савуляк В.І.

Вінниця 2019

**Мета роботи.** Дослідження впливу добавок вуглецевого нанопрошку в Індустріальному мастилі І20 на його антифрикційні властивості. Розробка заходів для підвищення якості вихідного вала редуктора СП202М.

**Задачі дослідження:**

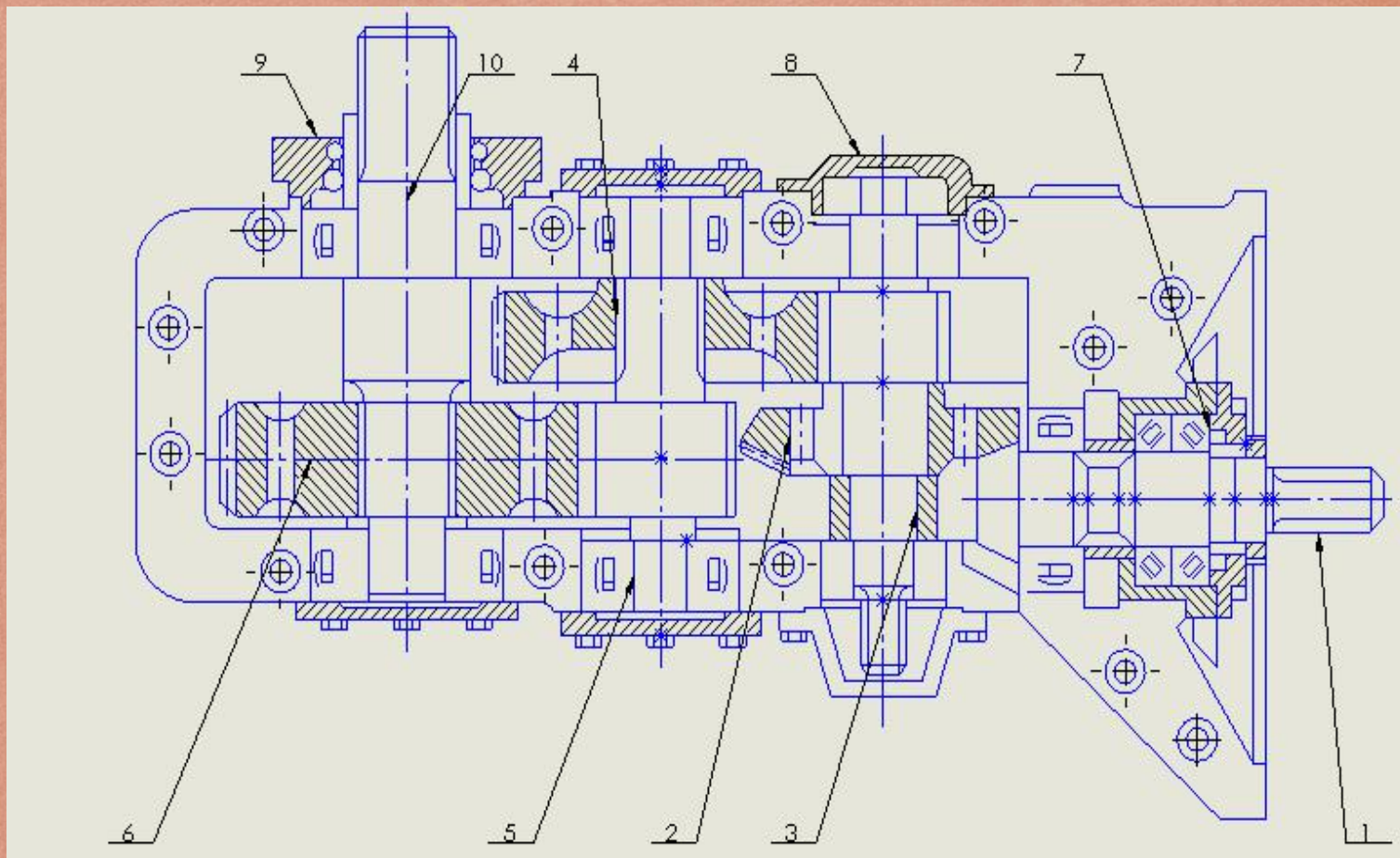
Вивчити питання пов'язані з створенням та додаванням протизношувальних присадок;

Дослідження залежності впливу додавання вуглецевого нанопрошку на втрати енергії;

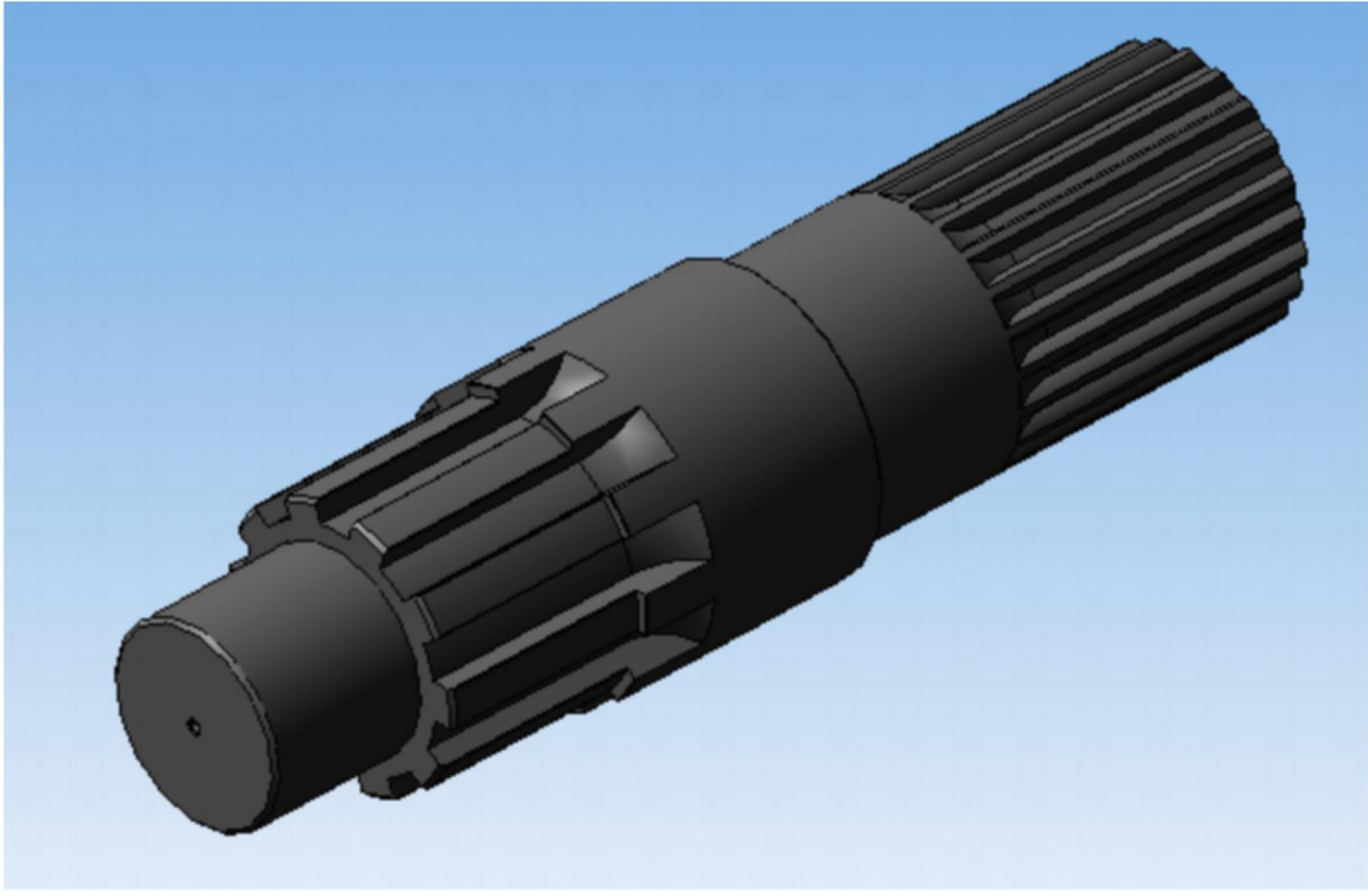
Розробка заходів, спрямованих на підвищення якості відновленого вихідного вала редуктора.

Дослідження проводилися з використанням установки для визначення коефіцієнта тертя. За допомогою такого приладу можна виміряти споживану потужність електродвигуна залежно від навантаження на валу. Виконавши аналіз отриманих даних визначимо ефективність додавання вуглецевих присадок.



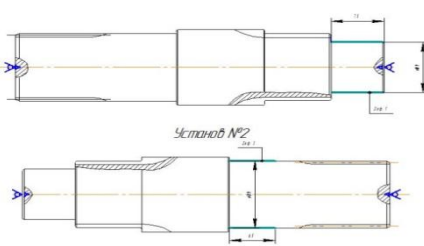
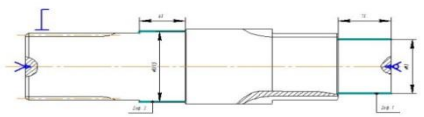
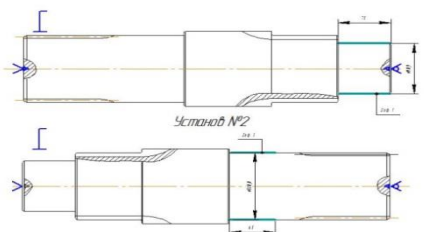


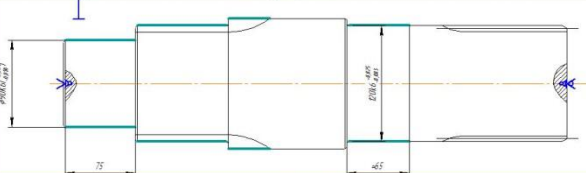
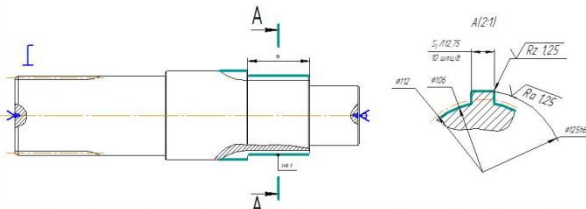
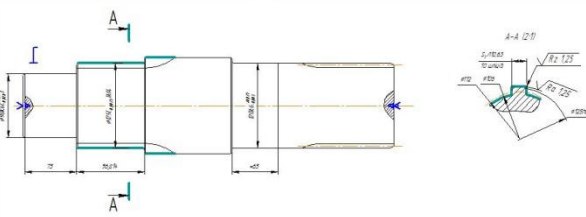
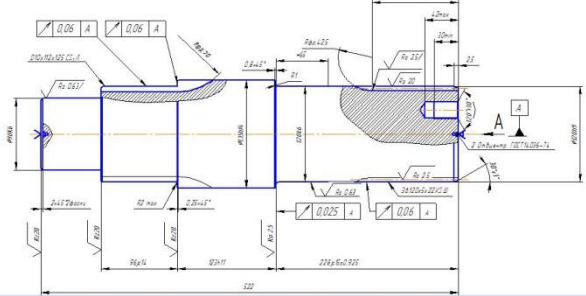
*1- конічний вал шестерня, 2- конічне колесо, 3- циліндрична вал-шестерня, 4-циліндричне зубчасте колесо, 5- циліндрична вал-шестерня, 6- циліндричне колесо, 7- стакан, 8, 9- стакан, 10- вихідний вал.*



**Вихідний вал є однією з основних деталей редуктора С 202М.  
Матеріал - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.**



№	Найменування операції та технічних переходів	Схема установки	Обладнання
005	Мийка 1. Встановити та зняти деталь; 2. Мити деталь розчином "Генко 100"; 3. Зняти деталь.		УЗВ-35/200 МК
010	Деректубувальна 1. Деректубувати деталь та визначити всі дефекти, які потрібно відновити.		1. Контрольний стил 2. Мікрометр МК 150-2 ГОСТ 6507-90 3. Штангенциркуль ШШ-ІІ-250 0,02 ГОСТ 166-89
015	Термічна обробка 1. Провести відпуск деталі при температурі 550°C		Індукційна піч ВЧІЗ-160/0,066
020	Токарна : 1. Встановити та закріпити деталь; 2. Точити поверхню 1 до розміру $\varnothing 89$ ; 3. Перебстановити деталь; 4. Точити поверхню 3 до розміру $\varnothing 119$ ; 5. Зняти деталь.	 <p>Установ №1</p> <p>Установ №2</p>	Установ №1  Токарний верстат 16К2013
025	Наглоблення 1. Встановити та закріпити; 2. Наглоблити поверхню 1 до розміру $\varnothing 93$ ; 1; 3. Наглоблити поверхню 3 до розміру $\varnothing 123$ ; 5; 4. Зняти деталь.		Установка для наглоблення №К-117
030	Термічна обробка 1. Відпустити деталі T=550°C, охолодження водою та маслом.		Індукційна піч ВЧІЗ-160/0,066
035	Токарна : 1. Встановити та закріпити деталь; 2. Точити поверхню 1 до розміру $\varnothing 90$ ; 9; 4. Перебстановити деталь; 5. Точити поверхню 3 до розміру $\varnothing 120$ ; 8; 6. Зняти деталь.	 <p>Установ №1</p> <p>Установ №2</p>	Установ №1  Токарний верстат 16К2013
040	Термічна обробка 1. Гартувати поверхню під підвищеннями T=860 C, охолодження в нафті чи воді.		Установка ТВЧ ВЧ100АВ

№	Найменування операцій та технічних переходів	Схема установа	Обладнання
045	Шліфувальна: 1. Встановити та закріпити деталь; 2. Шліфувати поверхню 1 до розміру $\phi 90K6_{-0,025}^{+0,001}$ ; 3. Шліфувати поверхню 3 до розміру $\phi 120K6_{-0,025}^{+0,001}$ ; 4. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат ЗСТ30В
050	Ультразвукове знежирення 1. Помстити деталь в машину; 2. Провести знежирення; 3. Витягнути деталь.		УЗВ - 35/200МК
055	Електроіскрове зміцнення 1. Закріпити деталь на столі; 2. Виконати обробку бокових поверхонь шліців; 3. Зняти деталь.		Установка "ЗФМ-10"
060	Шліфувальна (чистова): 1. Встановити та закріпити деталь; 2. Шліфувати поверхню 3 до розміру $\phi 125H6_{-0,025}^{+0,001}$ ; 3. Зняти деталь.		Шліфувальний верстат АСС-ЕХВ
065	Контрольна: 1. Встановити деталь; 2. Виконати контроль розмірів 1, 2 та 3 згідно рамчинного креслення; 3. Зняти деталь.		Контрольний стіл Інструменти для вимірювання Мікрометр МК 150-2 ГОСТ 6507-90 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,02 ГОСТ 166-89

Маршрут відновлення вихідного вала редуктора СП 202М складається з чотирнадцяти операцій . Для відновлення посадкових поверхонь під підшипники було обрано відновлення в середовищі СО2. Поверхні прямих зубів шліців відновлюються електроіскровим нарощуванням.



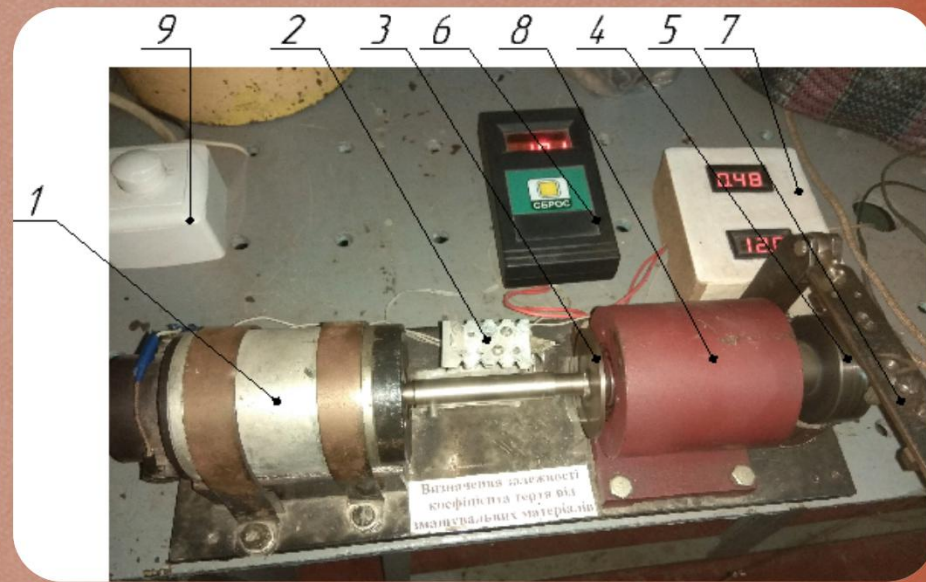
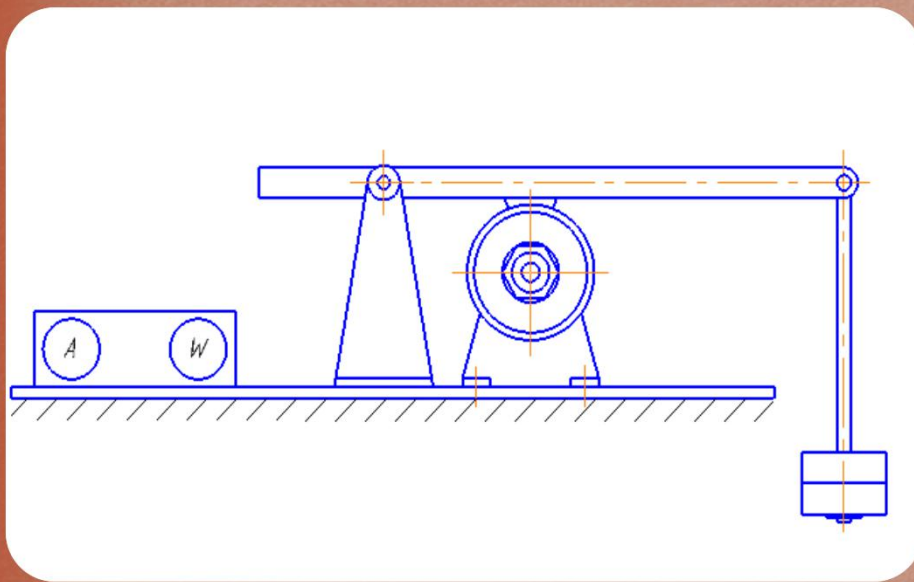
Мастильні матеріали варто розглядати як важливий конструктивний елемент вузла тертя тому, що саме від нього значно залежить довговічність, надійність та ресурс машин і механізмів. Ефективність використання мастильного матеріалу в парі тертя залежить від багатьох факторів: умов його використання (температура, навантаження, швидкість переміщення, характеристика оточуючого середовища тощо), режиму експлуатації машин і механізмів (постійних або перемінних зовнішніх впливів, зупинок тощо), конструктивних особливостей вузла тертя (тип, розмір, характер рухомості поверхонь тертя тощо), складу і властивостей матеріалів, з якими вони контактують в процесі роботи

Показник	Значення
Кінетична в'язкість при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	25-35
Кислотне число, мг	0,03
Вміст механічних домішок	відсутні
Зольність	0,005
Щільність при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	890
Температура застигання, °C	-15
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	180





З метою визначення коефіцієнтів тертя було розроблено установку, схематичне зображення якої показано нижче. Вибрано схему площина–циліндр.



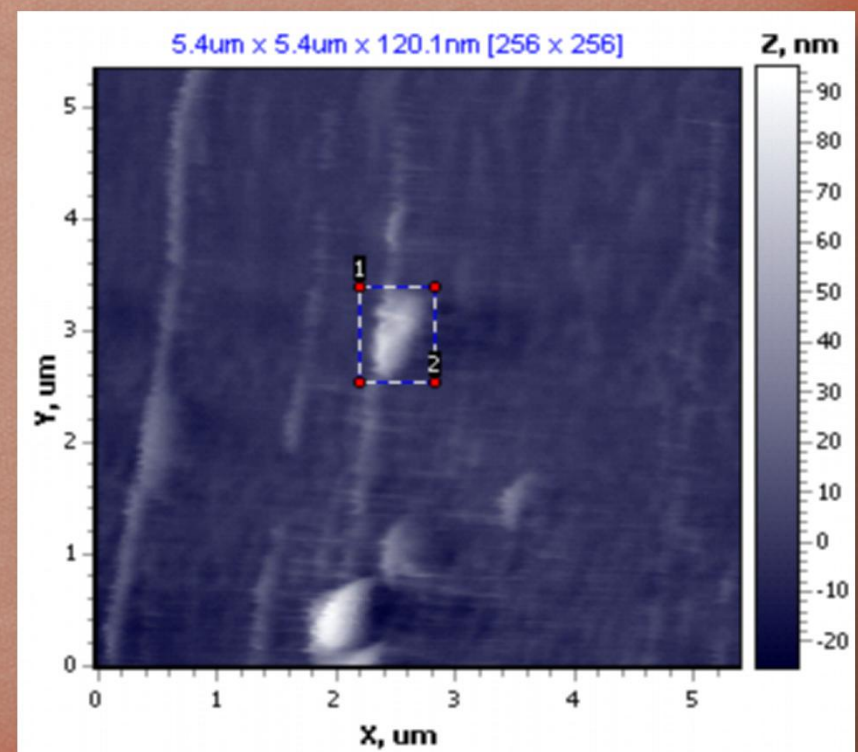
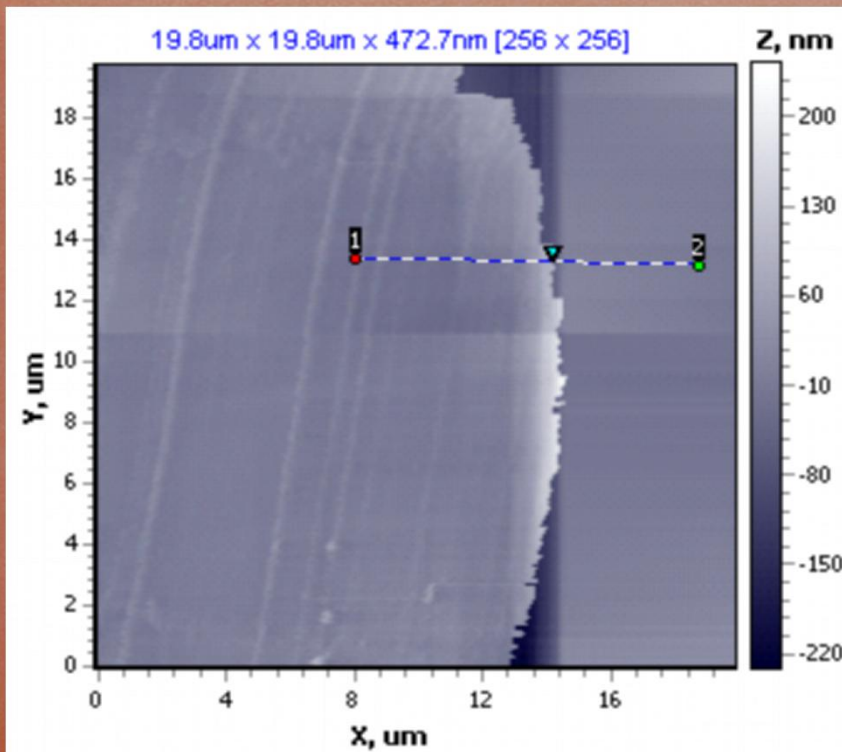
*1 – електродвигун, 2 – датчик частоти обертання, 3 – диск відліку частоти обертання, 4 – пара тертя, 5 – важіль навантажувача, 6 – індикатор чисел обертів (шляху тертя), 7 – цифровий індикатор струму та напруги, 8 – опора з підшипниками кочення, 9 – регулятор частоти обертання*



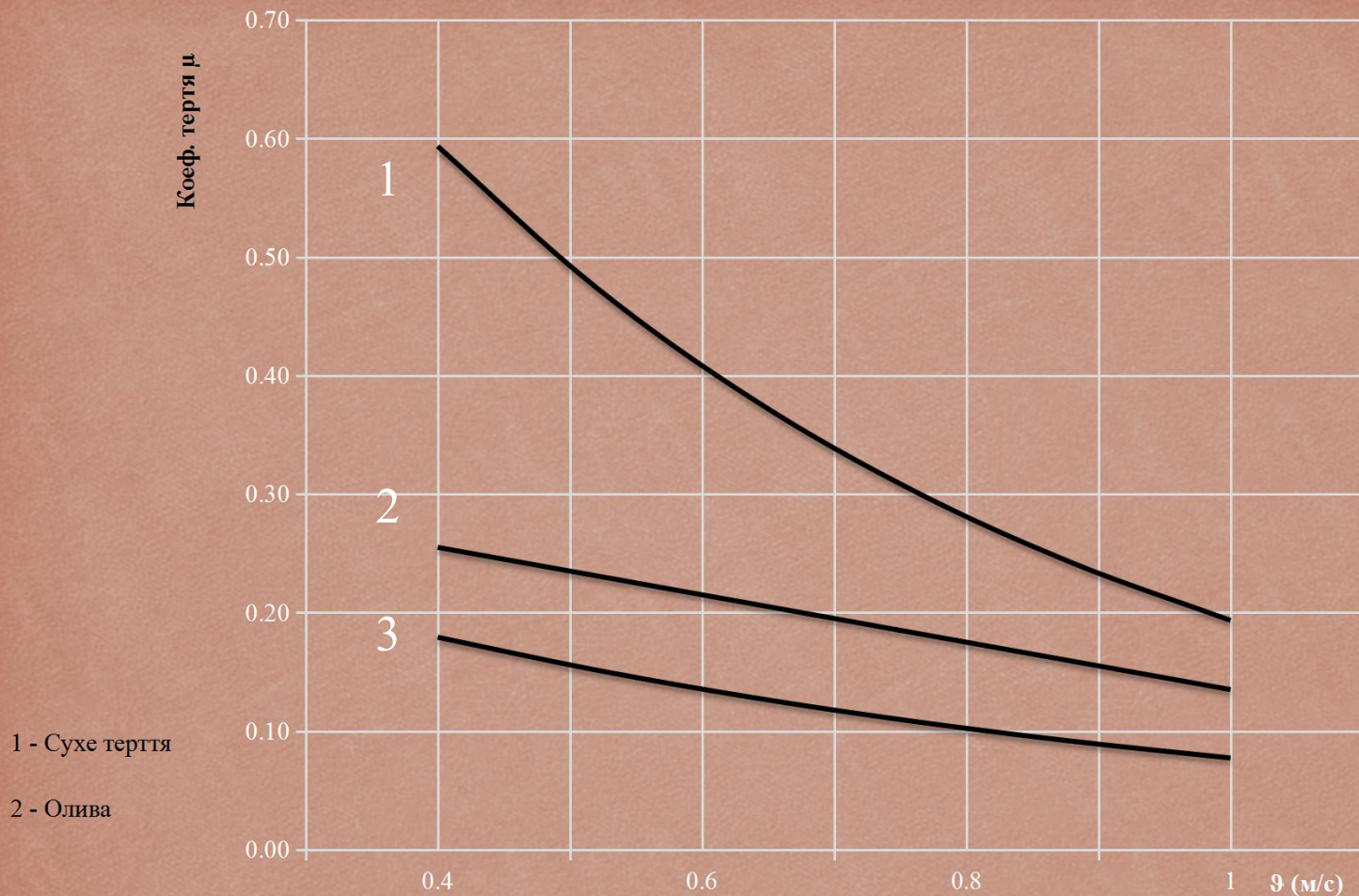
# Дослідження добавок нановуглецю



Зразки були отримані в електронно-променевій установці і являють собою вуглецеві конденсати. Дослідження виконувалося з використанням атомно-силового мікроскопу АСМ «NT-206». Розмір частинки становить  $450 \times 200$  nm.





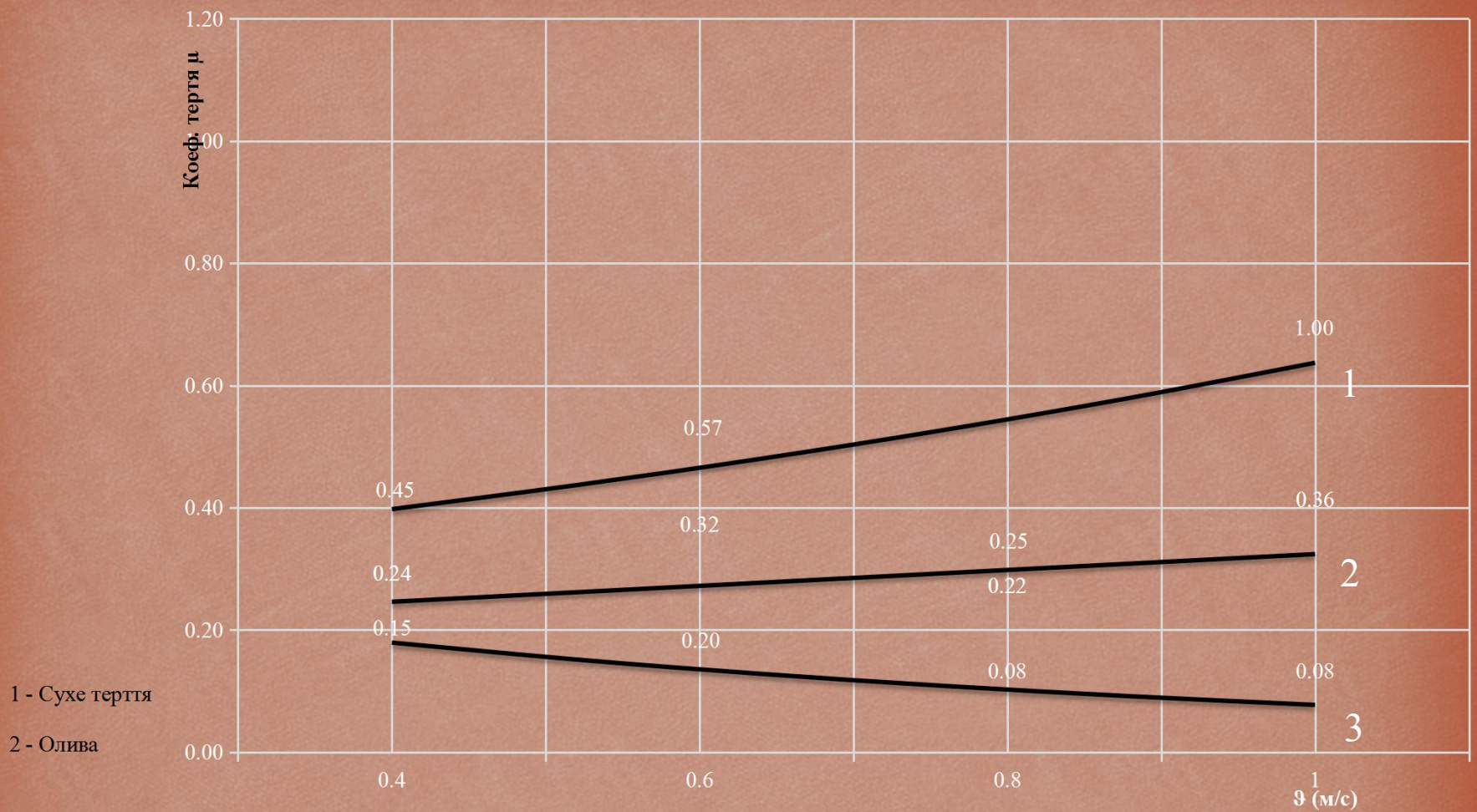


1 - Сухе тертя

2 - Олива

Перша лінія відповідає сухому тертю і найбільше значення становить 0,52. Додавання мастила призводить до зниження коефіцієнта в три рази (0,18). Олива в яку було додано присадки у вигляді нанопрошку вуглецю показує найменші з отриманих значень. Загальна тенденція показує, що підвищення швидкості у досліджених межах зумовлює більш стабільну роботу машини і відповідно зниження значень сил тертя.





1 - Сухе тертя  
2 - Олива

Збільшення навантаження призводить до зміни режиму тертя. При сухому терті (лінія 1) коефіцієнт зростає. В зв'язку з зростанням швидкості мастильні плівки руйнуються, тому на графіку спостерігається зростання коефіцієнта тертя. Додавання звичайної оливи I20 зменшує руйнування плівок та змінює особливості контакту пари тертя. Ведення добавок нановуглецю остаточно унеможлиблює контакт двох металів на встановлених режимах тертя.

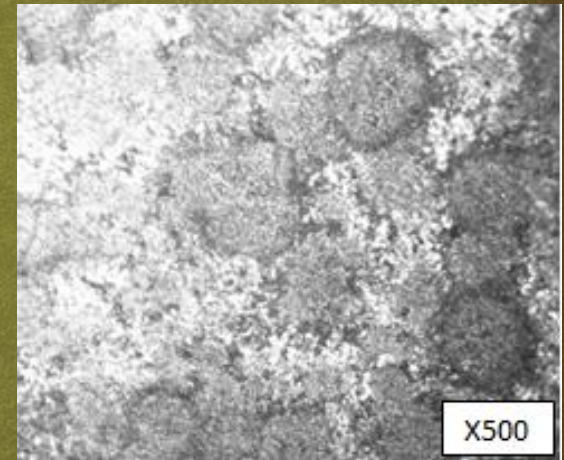
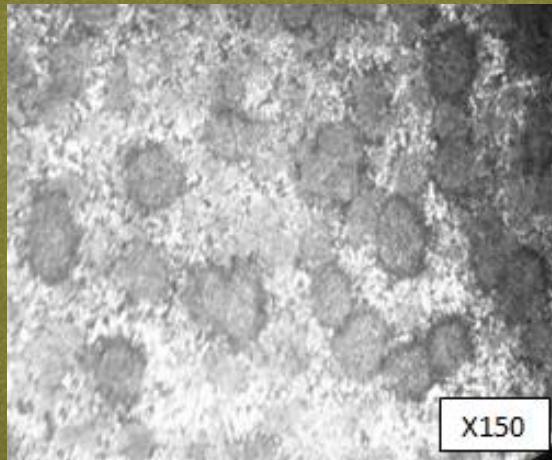


# Електроіскрове нарощування

---



Суть методу заснована на принципі ерозії матеріалів при іскровому розряді в газовому середовищі, в якості катода виступають поверхні шліців. В результаті на поверхні катода під дією тепла відбуваються термомеханічні, гідродинамічні і дифузійні процеси, що сприяють перемішуванню матеріалу катода і анода, при взаємодії з компонентами газового середовища, що сприяє утворенню високої адгезії та формування шару, який відповідає принципу Шарпі.

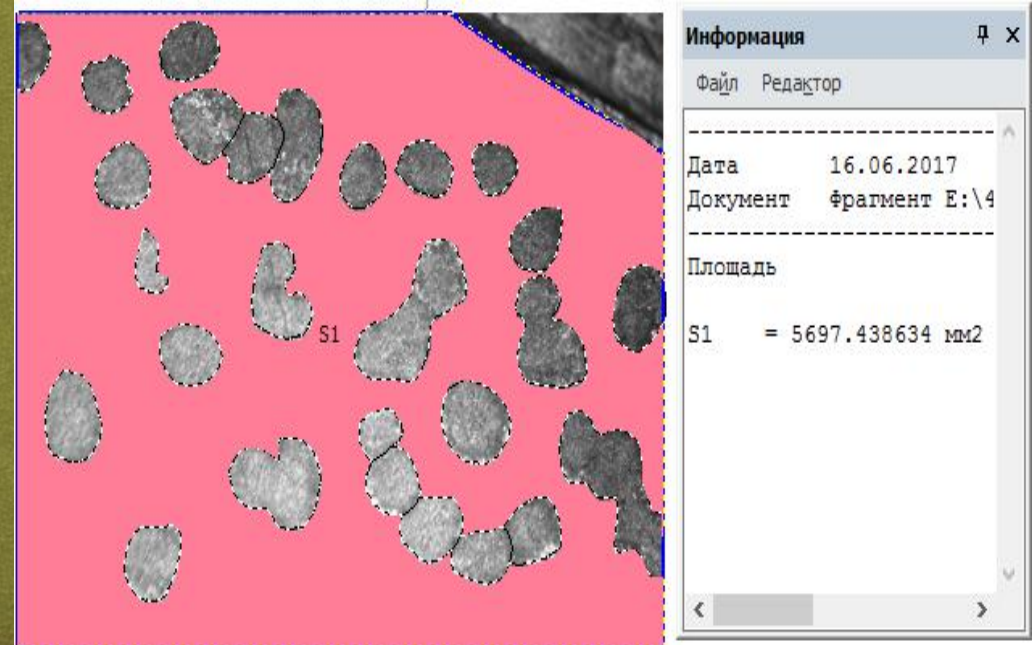
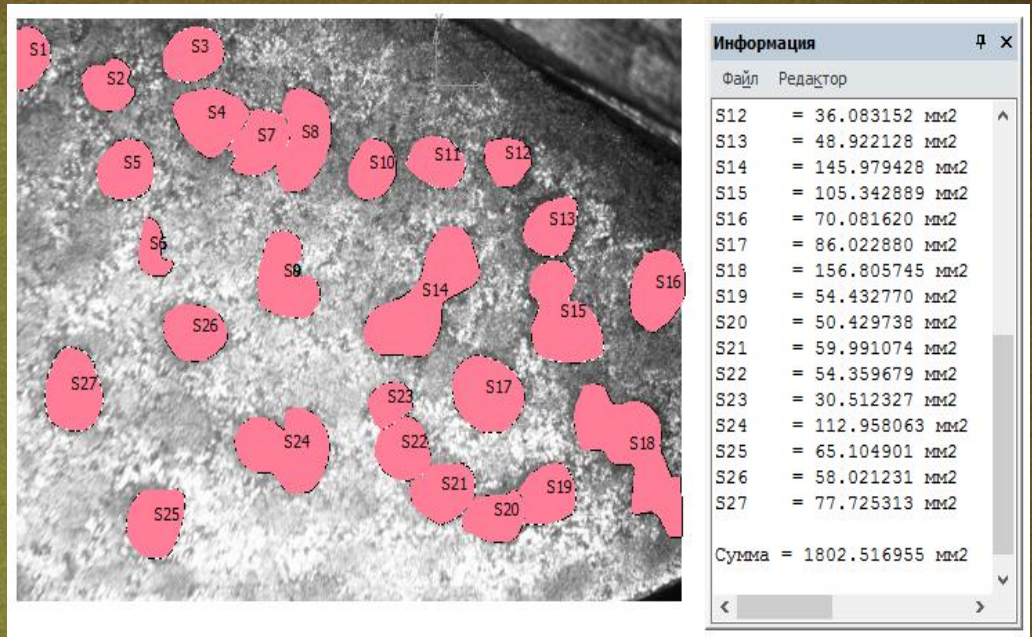




1. Тверді включення займають приблизно 35-45% від загальної площі ділянки, що обробляється і їх твердість становить 60 HRC.

2. Технологія електроіскрового нарощування дозволяє комплексно вирішити питання підвищення зносостійкості сплавів металів за рахунок цілеспрямованого впливу на їх фізичні, хімічні і механічні властивості.

3. Технологія електроіскрового нарощування дозволяє 2-3 рази підвищити твердість поверхні





## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз умов роботи деталі та її дефектування показали, що для вихідних валів редукторів характерним є зношування шліців а також шийок під встановлення підшипників. Переважним видом зношування є абразивно-механічне.

Для відновлення валів та сповільнення їх зношування розроблено маршрут відновлення з використанням оптимальних режимів наплавлення в середовищі CO<sub>2</sub> та механічної обробки, підібрано матеріали для нанесення покриттів і параметри термічної обробки, зміцнено шліцеві поверхні вала з використанням електроіскрового нарощування.

Для збільшення довговічності пар тертя, що знаходяться всередині редуктора, запропоновано додавати в індустріальне мастило I20, яким змащується редуктор, вуглецевий нанопорошок та виконано відповідні дослідження.

3.1. Додавання вуглецевого нанопорошку до стандартних індустріальних олив дозволяє на 10 – 15% зменшити коефіцієнти тертя та втрати енергії в парах ковзання.

3.2. Коефіцієнти тертя в умовах мащення індустріальними мастилами показали залежність від швидкості ковзання та навантаження на пару тертя.

3.3. Дослідження на атомно-силовому мікроскопі АСМ-206 показали наявність у вуглецевому конденсаті полісферових полімерних наночасток вуглецю розмірами 450×200 nm.

Отримані результати дослідження можна використовувати при відновленні валів відповідного типорозміру та умов роботи.



Дякую за увагу

