

УДК 621.81: 621.753.2

І.Б. Кузнецов, Б.Т. Кузнецов, О.В. Ярошенко, А.Б. Гаврилов

КОМПЛЕКС ДІАГНОСТИЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ СЕНСОРНОЇ ДІАГНОСТИКИ МЕТАЛЕВОЇ ПОВЕРХНІ

Узагальнюються результати досліджень авторів у галузі розвитку теорії енергетичного контролю тонких поверхневих шарів металевих виробів, розробки методів і засобів для їх реалізації, а також показаний напрямок практичного вирішення однієї з найважливіших науково-технічних проблем – підвищення достовірності оцінювання технічного стану металевої поверхні виробів машинобудування у виробництві, експлуатації та при ремонті.

Ключові слова: діагностична апаратура, розвиток теорії енергетичного контролю, оцінка технічного стану металевої поверхні.

Постановка проблеми та аналіз літератури

На даний час при певних обмеженнях застосовується енергетичний метод виявлення стадії попереднього руйнування, який ґрунтується на використуванні ефекту низькотемпературної електронної емісії в локальних зонах металевої поверхні навантажених деталей і вузлів, що характеризуються високим рівнем структурно-фазової (с.-ф.) неоднорідності. Такий рівень с.-ф. неоднорідності свідчить про стадію попереднього руйнування. Об'єктом контролю є неоднорідність $\gamma(t)$ на поверхні, що контролюється, яка характеризується певними параметрами $\lambda(t)$ і має значення $\alpha(t)$. Запропонований комплекс діагностичної апаратури (далі – комплекс) реалізує принципово новий метод сенсорної діагностики металевої поверхні. Основний принцип дії комплексу полягає в підсиленні вимірювання фізичної величини $\Delta_{\text{пд}}$ – різниці потенціалів між еталонним електродом нелінійного функціонального перетворювача (НФП) і досліджуваною поверхнею деталі (Д), вимірюванні цієї різниці з подальшою видачею отриманої інформації на екран ПЕОМ.

При аналізі матеріалів, які викладені у використаній літературі з позицій системного підходу узагальнені уявлення про створення програмно-

технічного комплексу діагностичної апаратури, який дозволить вирішити такі завдання:

виявлення локальних зон металевої поверхні навантажених деталей і вузлів;

оцінювання характеру напружено-деформованого стану деталей і вузлів без розбирання технічного пристрою;

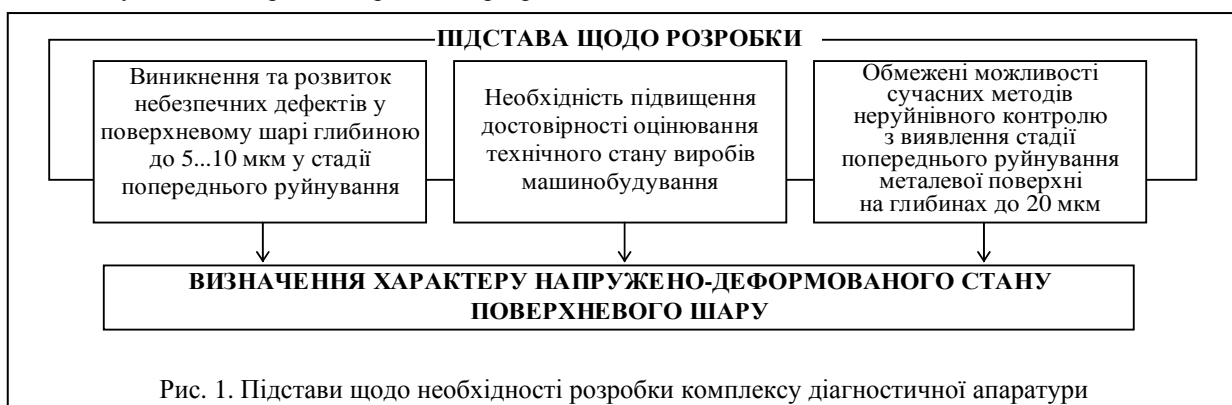
визначення характеру руйнуючих дій при розслідуванні причин руйнування;

прогнозування адгезійної міцності покриттів, які наносяться на неоднорідну металеву поверхню із залишками оксидів і забруднень.

Мета статті – наведення результатів досліджень авторів в області розвитку теорії енергетичного контролю тонких поверхневих шарів металевих виробів, розробки методів і засобів для їх реалізації, а також вирішення проблеми підвищення достовірності оцінювання технічного стану металевої поверхні виробів машинобудування у виробництві, експлуатації та при ремонті.

Основний матеріал

Комплекс реалізує принципово новий, що не має аналогів в Україні, метод сенсорної діагностики металевої поверхні, необхідність розробки якого наведена на рис. 1.



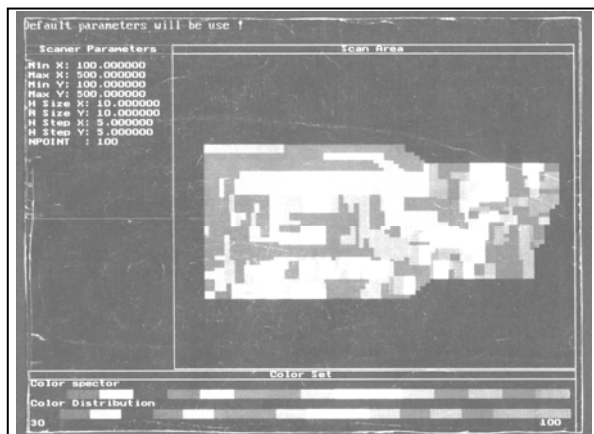


Рис. 2. Вигляд екрану ПЕОМ з даними щодо стану металевої поверхні, яка контролюється

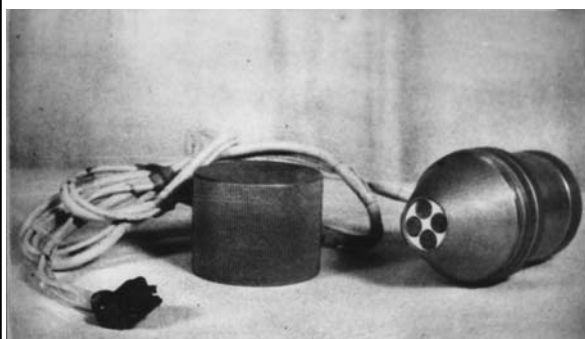


Рис. 3. Зовнішній вигляд датчика – нелінійного функціонального перетворювача

Комплекс є високочутливим приладом, призначеним для виявлення стадій попереднього руйнування навантажених деталей і вузлів машинобудування при їх виробництві, експлуатації та ремонті.

Комплекс також може бути використаний для контролю активаційної обробки поверхні виробів машинобудування перед нанесенням покриттів різного призначення, а також оцінювання ефективності різних миючих засобів.

Комплекс вирішує такі завдання:

- отримання інформації про поверхню, що досліджується;

- перетворення інформації у вигляд, зручний для введення в ПЕОМ;

- обчислення дій, які управляються заданими алгоритмами, реалізованими за допомогою функціонального програмного забезпечення;

- обробка багатопараметричної інформації про с.-ф. неоднорідності металевої поверхні деталей виробів машинобудування;

- документування даних обробки отриманої інформації про стан металевої поверхні (рис. 2).

Комплекс застосовується для проведення вимірювань параметрів с.-ф. неоднорідності та аналізу

характеристик поверхонь різних металевих виробів.

Комплекс складається з датчика (рис. 3), плати-адаптера та спеціальної програми. Датчик призначений для сканування металевої поверхні та перетворення отриманої інформації в аналоговий електричний сигнал. Плата-адаптер перетворює аналогові сигнали, отримані від датчика, у двійковий код. Спеціалізована програма здійснює функції приймання інформації з плати адаптера, обробки інформації за спеціальним алгоритмом, перетворення і зберігання інформації, представлення оброблених даних у вигляді, зручному для аналізу. Склад запропонованого комплексу наведений у табл. 1.

Таблиця 1

Склад запропонованого комплексу

№	Найменування виробу	Кількість
1	Персональна ЕОМ IBM PC/AT з мікропроцесором типу Pentium	1
2	Блок обробки багатопараметричної інформації	1
3	Нелінійний функціональний перетворювач із сполучним кабелем	1
4	Програмний диск CD-R	1
5	Технічне описання	1

Необхідною умовою функціонування комплексу є можливість роботи в реальному масштабі часу. Ця умова виконується при дотриманні нерівності

$$T_i \geq t_{ц}$$

де T_i – інтервал часу розрахунку i -ої управляючої дії;

$t_{ц}$ – інтервал часу, що відводиться для введення початкових даних, ухвалення рішення про видачу i -ої управляючої дії та її передаванні.

Зовнішній вигляд комплексу наведений на рис. 4.

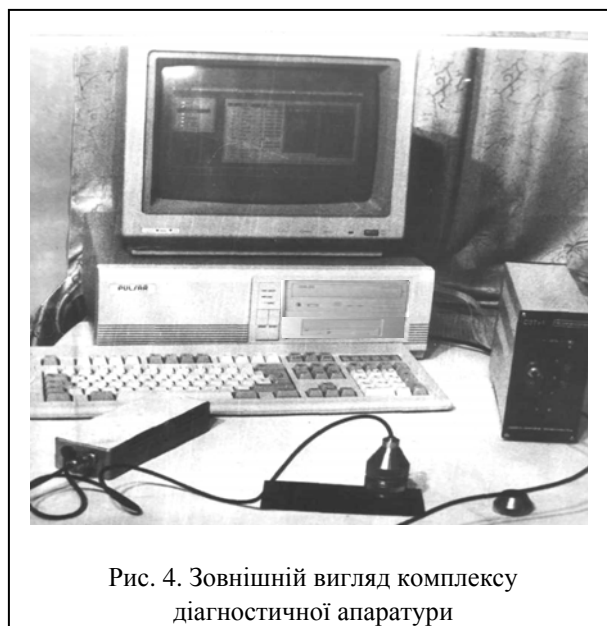


Рис. 4. Зовнішній вигляд комплексу діагностичної апаратури

Комплекс вимірює різницю поверхневих потенціалів статичним конденсатором з іонізацією зони контролю [1].

В основу роботи комплексу покладений ефект взаємодії двох контактуючих провідників, між якими завдяки електронам провідності в умовах термодинамічної рівноваги посилюється різниця електричних потенціалів.

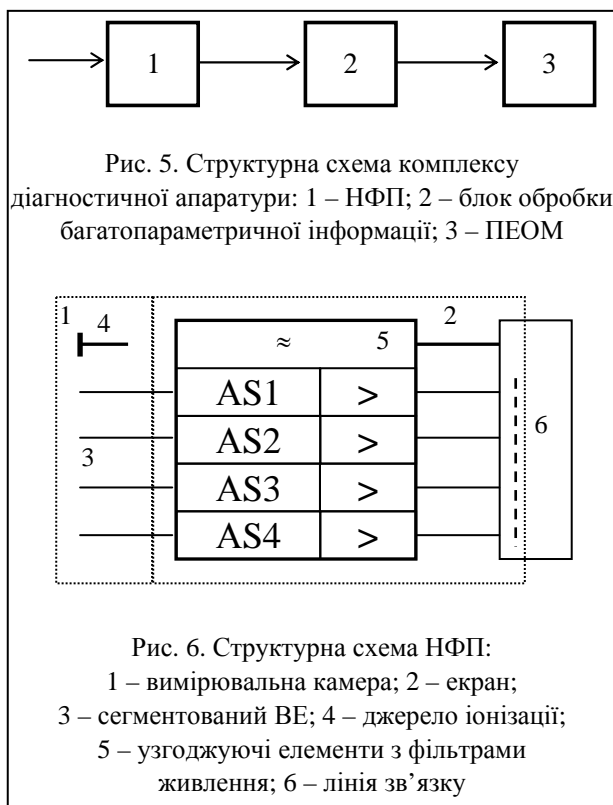
Принцип дії комплексу полягає в посиленні фізичної величини вимірюваної різниці потенціалів між еталонним електродом НФП і досліджуваною поверхнею деталей, її вимірюванні та подальшому видаванні отриманої величини на екран дисплея ПЕОМ (рис. 5).

Процес виявлення с.-ф. неоднорідностей і мікродеформації поверхневих шарів є автоматизованим.

Висновок про наявність с.-ф. неоднорідності поверхні деталей виробів машинобудування та неприпустимої мікродеформації, що характеризує стадію попереднього руйнування поверхні, здійснюється за результатами порівняння отриманих величин і величин, що характеризують поверхні деталей виробів машинобудування, допущених до подальшої експлуатації.

НФП призначений для роботи у складі комплексу для виявлення стадії попереднього руйнування навантажених деталей виробів машинобудування. Структурна схема НФП наведена на рис. 6

Він складається з вимірювальної камери з відкритим торцем з боку сегментованого вимірювального електрода (ВЕ), який розміщений паралельно відкритому торцю (рис. 7).

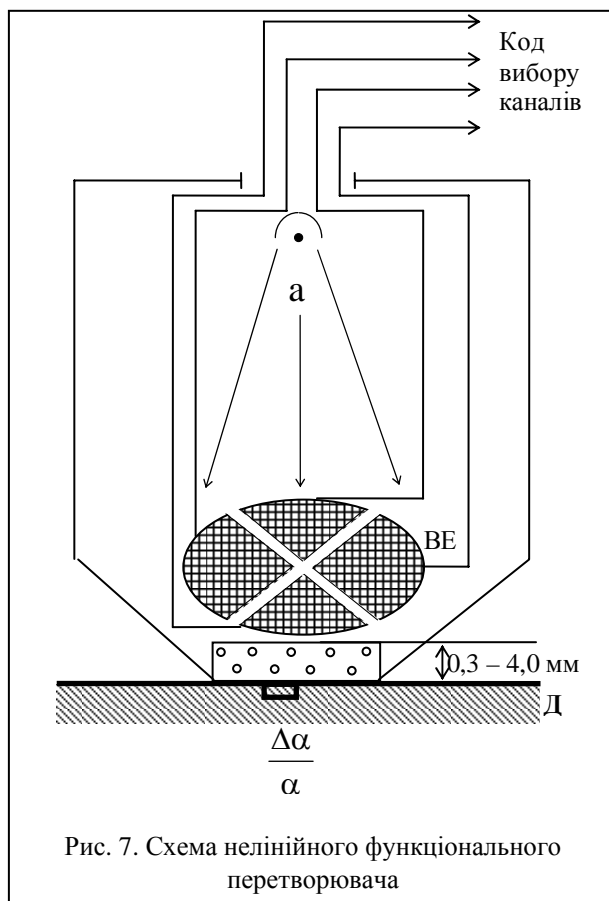


Біля закритого торця вимірювальної камери розміщене джерело іонізуючого випромінювання типу АИП-РИГ (ТУ 95.1076-83). Джерело іонізації є емальованою металевою підкладкою, на яку нанесено і зафіксовано методом спікання радіоактивний препарат плутонію, покритий захисним шаром. Ця підкладка встановлена на утримувач.

Іонізація середовища в зазорі ВЕ–Д збільшує довжину вільного пробігу, забезпечуючи зниження впливу параметрів середовища на формування контактної різниці потенціалів. Величина зазору між ВЕ і Д може змінюватися в межах від 0,3 до 4,0 мм.

Вимірювальна камера виконана у вигляді металевого циліндра зі вставкою, всередині якої розміщене джерело іонізації, а на відкритому торці ізолятора закріплене ВЕ.

ВЕ є металевою сіткою із сплаву ЖС6У, яка розділена на чотири сегменти. Вимірювання параметрів с.-ф. неоднорідностей на металевій поверхні деталей проводиться опромінюванням неоднорідностей потоком іонізуючого випромінювання. Формування різниці потенціалів здійснюється шляхом розщеплювання зони іонізації на компоненти, а операція виявлення локальної неоднорідності, розташованої між зондуючими електродами, проводиться порівнянням порогової різниці потенціалів з різницями потенціалів між електродами. Над вимірювальною камерою в екрані розміщені схеми уз-



годження, вхід яких підключений до сигналів ВЕ, а вихід – до сполучного кабелю. Екран зі схемами узгодження сегментованого ВЕ конструктивно виконаний як єдине ціле з вимірювальною камерою. Схеми узгодження (рис. 8) виконані на операційних підсилювачах з компенсацією вхідної ємності за допомогою позитивного зворотного зв'язку, що використовує як елемент зворотного зв'язку реальну вхідну ємність підсилювача.

Лінія зв'язку виконана за допомогою витих пар із загальним екрануванням кабелю довжиною не більше 1,5 м.

У момент вимірювання НФП встановлюється відкритим торцем на контрольовану поверхню, замикаючи повністю об'єм екрану, використовуючи поверхню як стінки екрану. Таким чином, у момент вимірювання ВЕ знаходиться в замкнутому об'ємі, що забезпечує його високий захист від завад.

Сигнал сегментів ВЕ передається на вхід схем узгодження, які підсилюють сигнал по струму.

Структурна схема блоку обробки багатопараметричної інформації розроблена з урахуванням того, що тимчасові цикли розв'язання задач контролю с.-ф. неоднорідностей жорстко пов'язані з параметрами інформації, що обробляється, цикли якої періодично повторюються, забезпечуючи розв'язання одного і того ж кола задач при початкових даних, що змінюються. Структурна схема блоку обробки багатопараметричної інформації наведена на рис. 9.

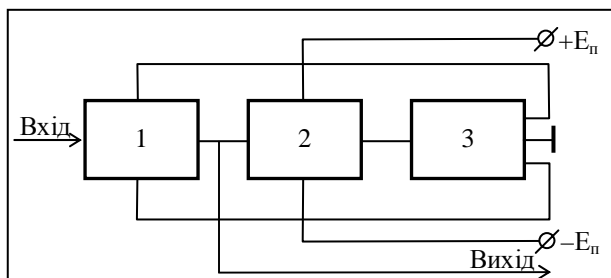


Рис. 8. Структурна схема узгодження:
1, 2 – операційні підсилювачі;
3 – джерело напруги, що регулюється

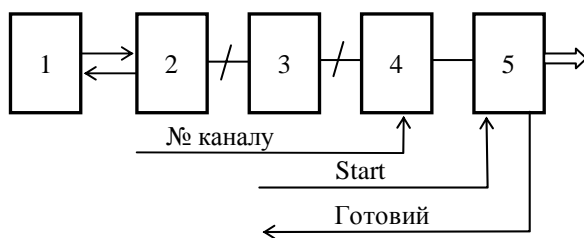


Рис. 9. Структурна схема блоку обробки багатопараметричної інформації:
1 – об'єкт контролю; 2 – НФП;
3 – схема узгодження; 4 – комутатор;
5 – аналого-цифровий перетворювач

раметричної інформації наведена на рис. 9.

Враховуючи, що час виявлення неоднорідності доцільно мати в межах до 0,5 с, а час ідентифікації неоднорідності при скануванні НФП по контрольованій поверхні вручну – в межах до 1 с, з метою зниження динамічного навантаження при вимірюваннях дискредитації вибору в 10 разів вище за верхню граничну частоту сигналів, що знімаються з НФП.

Блок обробки багатопараметричної інформації перетворює в цифрову форму сигнал, про стан контрольованої металевої поверхні, що генерується.

Функціональна схема одного каналу підсилювача схеми узгодження представлена на рис. 10. Перевагою даної схеми є значне зменшення вхідної ємності, а також зниження схильності підсилювача до самозбудження і малих рівнів шумів.

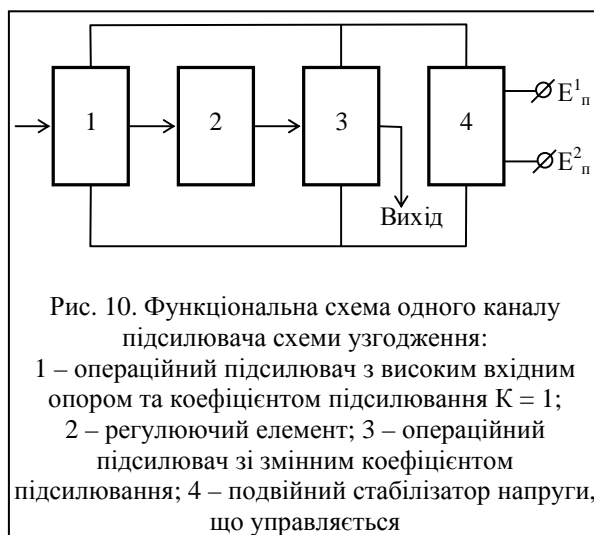


Рис. 10. Функціональна схема одного каналу підсилювача схеми узгодження:

1 – операційний підсилювач з високим вхідним опором та коефіцієнтом підсилювання $K = 1$;
2 – регулюючий елемент; 3 – операційний підсилювач зі змінним коефіцієнтом підсилювання; 4 – подвійний стабілізатор напруги, що управляється

З виходу схеми узгодження аналогові сигнали надходять на вхід комутатора (4) (рис. 9), звідки сигнал через повторювач напруги подається на вхід автоматизованого цифрового перетворювача (АЦП), де відбувається його перетворення в цифрову форму.

Як АЦП використана велика інтегральна схема 1113ПВ1, яка перетворює біполярний аналоговий сигнал напругою +5 В в десятирозрядний код. При цьому цикл перетворення дорівнює 32 мкс, повний цикл обробки сигналів НФП – 128 мкс. По закінченні перетворення видається сигнал "Готовий".

Передавання аналогового сигналу з виходу НФП на вхід перетворювача здійснюється відповідно до схеми, наведеної на рис. 11.

Блок обробки багатопараметричної інформації містить пристрій введення аналогових сигналів (рис. 12), призначений для прийому аналогових полярних сигналів по чотирьох незалежних каналах, їх перетворення у двійковий десятирозрядний код і передавання отриманого коду в ПЕОМ.

Конкретизація правил оптимального синтезу вимірювачів параметрів с.-ф. неоднорідностей і мікро-

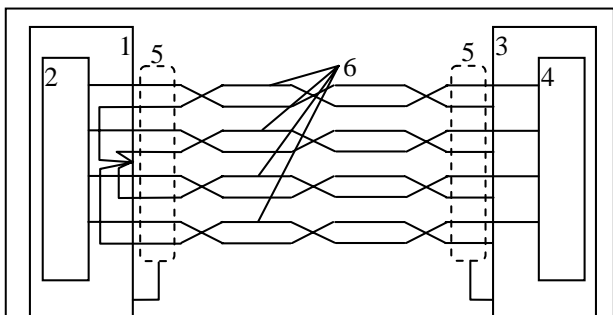


Рис. 11. Схема каналу передавання аналогового сигналу з виходу НФП на вхід перетворювача: 1 – НФП; 2 – перетворювач аналогового сигналу в цифровий; 3 – вхідні узгоджувальні елементи перетворювача; 4 – вихідні узгоджувальні елементи перетворювача; 5 – екран; 6 – віти пари екранованого кабелю для передавання аналогового сигналу

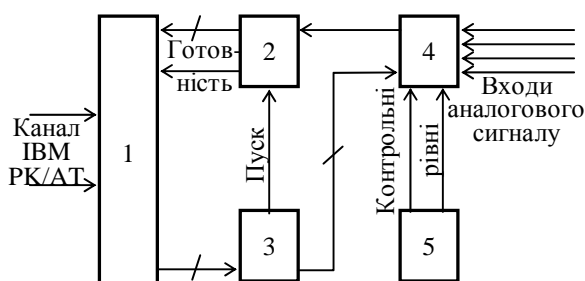


Рис. 12. Блок побудови введення аналогових сигналів: 1 – інтерфейс; 2 – АЦП; 3 – будова управління; 4 – мультиплексор; 5 – будова отримання живильних напруг

деформації кристалічної решітки металевій поверхні та великий об'єм обчислювальних операцій одноетапного вимірювання показників якості поверхні деталей і вузлів вимагає застосування ПЕОМ у складі комплексу. Основною функцією ПЕОМ є обчислення управляючих дій за заданими алгоритмами, реалізованими за допомогою програмного забезпечення.

Завдяки високій продуктивності ПЕОМ вдалося велику частку обробки багатопараметричної інформації реалізувати програмно, а також значно скоротити апаратну частину комплексу діагностичної апаратури. Призначення, принцип дії, основні характеристики та сфера застосування комплексу наведені на рис. 13.

Висновки

У статті показані шляхи технічної реалізації локальних вимірювачів с.-ф. неоднорідності металевій поверхні. Обґрунтовані принципи функціонування і структура блоку вимірювання, блоку обробки багатопараметричної інформації слідкуючих локальних вимірювачів с.-ф. неоднорідності, а також структура пристрою сполучення. Сформульовані вимоги до

КОМПЛЕКС ДІАГНОСТИЧНОЇ АПАРАТУРИ КОНТРОЛЮ

ПРИЗНАЧЕННЯ

Виявлення аномальних структурно-фазових неоднорідностей тонкого (до 5...10 мкм) поверхневого шару виробу;
*Вимірювання градієнта мікродеформації на поверхні ΔX ; ΔY ; ΔZ

ПРИНЦИП ДІЇ

Аналізується багатопараметрична інформація про розподілення поверхневого потенціалу над місцями аномальних структурно-фазових неоднорідностей тонкого шару металевій поверхні

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

неоднорідності з відносною мікродеформацією: $0,5 \times 10^{-3} \dots 1,0 \times 10^{-2}$;
глибина поверхневого шару: 0,1...5,0 мкм;
діапазон площ неоднорідностей: $100 \dots 10^6$ мкм²;
ширина меж неоднорідностей, що виходять на поверхню ≥ 100 мкм;
час виявлення неоднорідностей, не більше 0,5 с;
кількість градацій щільності речовини неоднорідності: 19

СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

контроль фінішних технологій обробки поверхні навантажених вузлів та деталей виробів промисловості;
виявлення стадії попереднього руйнування і характеру напружено-деформованого стану металевій поверхні;
дослідження зруйнованих вузлів і деталей високоенергетичних виробів промисловості

Рис. 13. Призначення, принцип дії, основні характеристики та сфера застосування комплексу діагностичної апаратури

функціональних можливостей ПЕОМ у складі людино-машинного комплексу обробки багатопараметричної інформації. Показано принцип дії комплексу приладів і промислове застосування з виявлення аномальних с.-ф. неоднорідностей на поверхні металевих деталей та вузлів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузнецов І.Б., Кузнецов Б.Т., Шутін І.С., Гаврилов А.Б. Контроль напружено-деформованого стану поверхневих шарів навантажених деталей промислового виробництва // Системи озброєння і військова техніка: Науковий журнал. – Х.: ХУ ПС, 2006. – № 1 (5). – С. 44 – 50.

Надійшла 11.04.2006

Рецензент: канд. техн. наук професор О.М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба.