

УДК 621.391.8:004.94

## **ВІЗУАЛЬНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ**

Селіванов С.І., Стрількова Т.О.

e-mail: [serhii.selivanov@nure.ua](mailto:serhii.selivanov@nure.ua), [tetiana.strilkova@nure.ua](mailto:tetiana.strilkova@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП  
Харків, Україна

This study focuses on improving automated quality control of metal parts using machine vision. The correlation image processing method enables accurate detection of defects such as dents, burrs, cracks, and scratches. The research includes modeling defect illumination using high-resolution cameras and image enhancement techniques. Future studies will expand defect detection capabilities and integrate with production management systems.

**Актуальність.** Сучасне виробництво металевих деталей вимагає впровадження ефективних автоматизованих систем контролю якості. Для технічної діагностики металевих поверхонь використовуються оптичні, радіографічні, ультразвукові, магнітні методи та методи технічного зору. Використання методів технічного зору для візуального контролю дозволяє значно підвищити точність виявлення дефектів та оптимізувати виробничий процес [1, 2, 3].

За допомогою методів технічного зору аналізуються зображення поверхонь металевих деталей, виявляються дефекти та деформації, тріщини та подряпини. Тріщини виникають при деформації металу з підвищеним вмістом сірки і з великими неметалічними включеннями. Тріщини руйнують цілісність металу. За винятком декількох, які можуть бути видалені шляхом своєчасної обробки, вони, як правило, розширюються уздовж області концентрації стресу під час подальшої обробки і використання. Прим'ятини на деталях це сліди від окалини, яка потрапила до штампу. Подряпини на заготовках утворюються при роботі на зношених штампах або при попаданні в мастило піску. Задирки утворюються при вирубуванні заготовок або при обрізанні кромки під час штампування на погано підігнаному штампі.

Метою дослідження є розробка методу контролю якості та виявлення дефектів на металевих деталях за допомогою застосування систем технічного зору.

Метод спрямовано на виявлення основних типів поверхневих (тріщини, подряпини, корозія) дефектів та геометричних відхилень.

В роботі проведено моделювання процесу виявлення дефектів (вм'ятин) за допомогою методу використання покращення характеристик виявлення об'єктів. Основною метою застосування методів обробки зображень в системах технічного зору є відокремлення та ідентифікація дефектів, для цього використані методи просторово-часової обробки сигналів,

які покращують якість зображень малорозмірних, малоконтрастних та близько розташованих об'єктів (дефектів) які описані в [4, 5].

В доповіді представлено моделювання методу просторово-часової обробки сигналів. Результати моделювання показали ефективність застосування методу при виявленні дефектів, які характеризуються як малорозмірні та малоконтрастні. Результати представлено на рисунку 1.

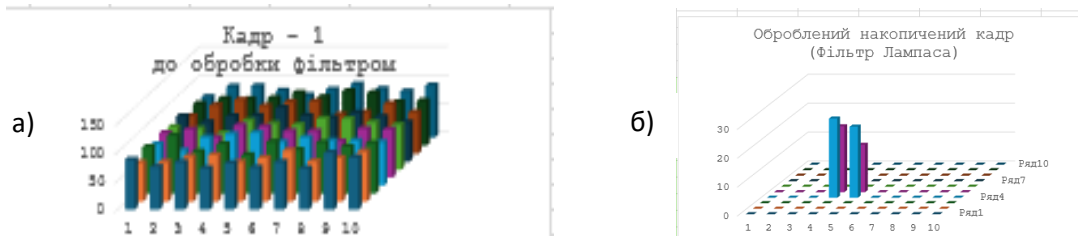


Рис. 1 Результати модулювання процесу обробки зображень при реєстрації дефектів а) до обробки та б) після просторово-часової обробки

Було проведено експериментальне дослідження застосування просторово-часових методів обробки з метою виявлення дефектів на металевих деталях. Зображення, яке аналізується, включає дефект прим'ятини на металевій деталі розмірами 0,01 мм до 1 см. Світла смуга отримана внаслідок фіксування камерою ефекту відбиття від лампи освітлення. Зображення отримано за допомогою використання виробничої камери FLIR Blackfly S з високою роздільною здатністю та підтримкою інфрачервоного спектра для виявлення дефектів. Для просторово-часової обробки застосоване розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє аналізувати мікроструктуру зображень.

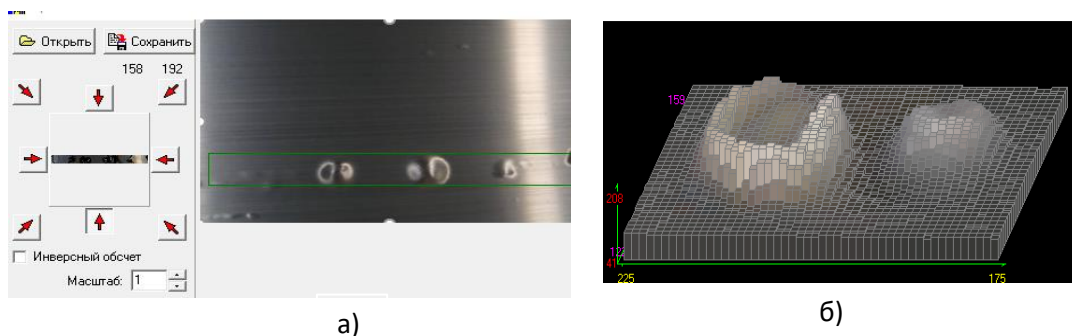


Рисунок 1. Результати візуалізації а) зображення та б) просторова гістограма дефекту прим'ятини на металевій деталі

Для обробки зображення було застосовано порогові методи обробки, результати представлено на рисунку 2. Експериментальні результати показали ефективність використання порогового методу на фрагментах зображення, які розташовані на рівномірному фоні. Також експериментальні результати показали негативний результат застосування методу при реєстрації дефектів при наявності високого рівня заводських флуктуацій та нерівномірного фону.

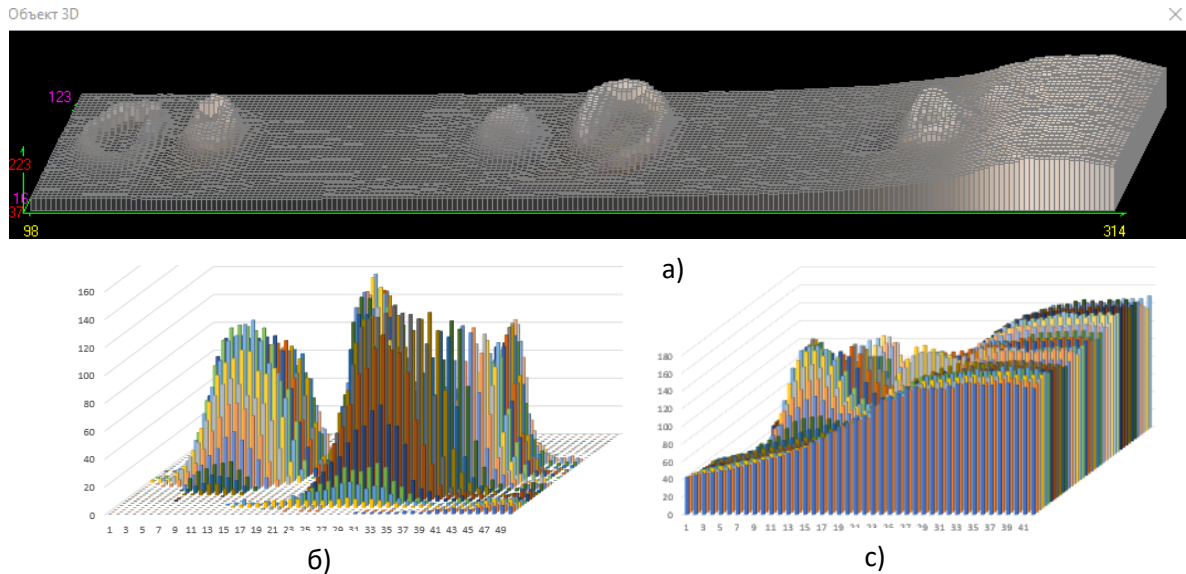


Рисунок 2 Результати експерименту процесу обробки зображень при реєстрації дефектів а) гістограма просторового розподілу б), с) оброблені пороговим методом фрагменти зображення.

Висновки. Технологічні зображення дефектів металевих деталей мають різні за геометричними розмірами та енергетичними відображенням характеристики. Універсальних методів для реєстрації таких об'єктів на сьогодні не існує. Подальші дослідження будуть спрямовані на розроблення методів, які поєднують різні теоретичні методи оброблення даних, використовують додаткові статистичні характеристики дефектів та поєднуються з методами розробки класифікації та прогнозування їх появи.

#### Список використаних джерел

1. Balitskii, A.I.; Kolesnikov, V.O.; Balitska, V.O.; Ivaskevych, L.M.; Dowejko, J.M.; Pilecki, B.J.; Navrilyuk, M.R. Computer-Integrated Surface Image Processing of HydrogenSaturated Steel Wear Products. *Appl. Sci.* 2024, 14, 11762. <https://doi.org/10.3390/app142411762>.
2. Коваленко І.В., Петров С.М. Системи технічного зору в промисловості. Харків: НТУ "ХПІ", 2022. 324 с.
3. Васильєв О.С. Методи машинного навчання в системах контролю якості. Київ: Наукова думка, 2023. 286 с.
4. Strelkova T.A., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems *Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0.* 2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005.
5. Strelkova T.A., Strelkov A.I., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems in *Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0.*, 2021, Pages: 71-102. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch003.