

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ РАДІОГРАФІЧНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ У ПРОМИСЛОВОСТІ

Григоренко С. М., Григоренко І. В., Юрченко О. М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», вул. Курпичова, 2, м. Харків, 61002

e-mail: Svitlana.Hryhorenko@khpі.edu.ua

Станом на сьогодні у всьому світі дуже популярне використання промислової радіографії як для перевірки якості зварних з'єднань, так і для багатьох інших задач неруйнівного контролю (НК). Промислова радіографія використовує іонізуюче випромінювання для перевірки об'єктів контролю тоді, коли перевірка наявності дефектів неможлива іншим способом НК. Метод радіографії є основним методом радіаційного неруйнівного контролю (РНК), який має певну перевагу серед інших методів РНК (радіоскопії та радіометрії) та широко застосовується в промисловості для вирішення багатьох задач з використанням широкого спектру різноманітних радіографічних зображень (РЗ). Всі методи РНК направлені на перевірку матеріалів на наявність прихованих дефектів. Випромінювання, що створюється при РНК, є дуже небезпечним, проте при використанні нових технологій та належного захисту ризику травм і смерті, що пов'язані із випромінюванням, можуть бути значно знижені. Метод радіографії або радіографічний контроль широко використовується у багатьох галузях промисловості та в медичних цілях для виявлення аномалій у матеріалах і тілах людей. Радіографічний контроль також використовується у будівництві та виробництві для нафтогазового сектору із використанням зварювання, трубопроводів для транспортування газу / рідини, в ливарних цехах та ін.

У роботі [1] зазначено, що на дозу випромінювання та якість зображення в радіології впливають основні фактори рентгенівського випромінювання, які задаються рентгенологом перед отриманням радіографічного зображення з урахуванням рентгенографічного положення. Невірне налаштування початкових параметрів може призвести до помилок експозиції, що змусить повторити тест зі збільшенням дози опромінення, доставленої пацієнтові. У [1] представлений новий підхід, заснований на глибокому навчанні, який автоматично оцінює рентгенографічне положення з фотографії, зробленої до рентгенівського опромінення, яку можна використовувати для вибору оптимальних основних факторів. Результати досліджень свідчать про можливість полегшити робочий процес отримання даних, зменшуючи виникнення помилок експозиції та запобігаючи непотрібній дозі опромінення, яку отримують пацієнти [1].

У дослідженні канадських вчених [2] вивчається ефективність підходів НК для виявлення аберацій в об'ємній щільності (або дефектів), які притаманні матеріалам, виготовленим за допомогою лазерного адитивного виробництва (LAM). РНК використовується для перевірки здатності виявляти зародкові дефекти або відхилення в об'ємній щільності у зразках сталі LAM 300 M. Після уточнення контрастності на РЗ стало можливим використовувати радіографію для виявлення дефектів у зразках з насипною щільністю 99,5 %. Результати [2] дають уявлення про розробку процедур НК для контролю якості деталей.

У [3] зазначено, що в Індії виконується безліч зварювальних робіт у будівництві та прокладанні величезних трубопроводів для транспортування та розподілу газу та води, а також будівництві резервуарів для зберігання різних речовин. Об'єкти працюють під високим тиском, тому важливо виробляти зварні шви високої якості. Розроблено безліч методів обробки зображень виявлення дефектів зварювання з використанням РЗ. Дефекти зварювання можуть з'являтися на РЗ у різних формах, розмірах, місцях та контрастах. У роботі [3] зразки зварних швів з різномірних сплавів AA 6063 і MgAZ31B були підготовлені з різними рівнями струму з використанням зварювання вольфрамовим електродом серед інертного газу. Нові набори тестових даних було розроблено з урахуванням РЗ зварних зразків. Різні моделі глибокого навчання, такі як нейронна мережа, залишкова мережа (ResNet) і Inception V3, також використовувалися у [3] для виявлення дефектів зварювання. В експериментальному дослідженні доступний набір даних для навчання складається з дефектів зварювання, таких як пористість, тріщина, непровар та шлакова інфузія, які використовувалися для дослідження. У [3] проведено порівняння ефективності трьох моделей глибокого навчання та встановлено, що ResNet має найвищу точність класифікації – 99,67 % для навчальних зображень та 99,52 % для тестових зображень зварного з'єднання AA 6063 та MgAZ31B.

У роботі іспанських вчених [4] стверджується, що в останні роки машинне навчання зайняло центральне місце як інструмент для розробки автоматизованих рішень для виявлення та класифікації дефектів у цифровій рентгенівській радіографії. Ці рішення на основі машинного навчання все частіше розробляються та впроваджуються для перевірки компонентів, щоб йти в ногу з високою продуктивністю у виробничих галузях. Робота [4] зосереджена на розробці алгоритму класифікації дефектів, який оцінює виявлені дефекти, щоб встановити, чи є дефектом, який може зробити компонент непридатним для використання.

Таким чином, проведений аналіз робіт у галузі радіографічного НК свідчить про зацікавленість світової наукової спільноти у вирішенні науково-практичних задач виявлення та класифікації дефектів у багатьох галузях промисловості.

Список літератури:

1. Del Cerro, C.F., Giménez, R.C., García-Blas, J. et al. Deep Learning–Based Estimation of Radiographic Position to Automatically Set Up the X-Ray Prime Factors. *J Digit Imaging. Inform. med.* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10278-024-01256-x>.
2. Farrell, S.P. Detection of Aberrations in Bulk Density in Additive Manufactured 300 M Steel using X-ray Radiographic Testing and Ultrasonic Testing. *J Nondestruct Eval* 40, 84 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10921-021-00814-5>.
3. Bansal, A., Vettivel, S.C., Kumar, M. et al. Automated defects detection of AA 6063-MgAZ31B TIG welding using radiographic images and deep learning. *Multiscale and Multidiscip. Model. Exp. and Des.* 8, 40 (2025). <https://doi.org/10.1007/s41939-024-00657-3>
4. Hena B, Ramos G, Ibarra-Castanedo C, Maldague X. Automated Defect Detection through Flaw Grading in Non-Destructive Testing Digital X-ray Radiography. *NDT.* 2024; 2(4):378-391. <https://doi.org/10.3390/ndt2040023>.