

УДК 620.179

І. Б. Івасенко

## **ВИКОРИСТАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ УТЯЖИН ТА НЕПРОВАРІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗВАРНИХ ШВІВ**

New approach to the segmentation of extrusion and lack of fusion for weld joints on scanned X-ray films of tubes is proposed. It is tested on real images.

**Keywords:** *weld joints, defects, image processing, segmentation.*

Запропоновано підхід до сегментації утяжин та непроварів у зоні зварного шва на сканованих рентгенівських зображеннях труб. Проведено тестування на реальних зображеннях.

**Ключові слова:** *зварні шви, дефекти, обробка зображень, сегментація.*

Радіографічний контроль зварних швів труб є поширеним методом неруйнівного контролю якості зварювання [1]. Аналізуючи знімки, дефектоскопіст приймає рішення про придатність виробу. Низька якість зображень може спричинити неправильну ідентифікацію та класифікацію дефектів. Автоматизація процесу аналізу дає змогу підвищити достовірність прийнятого рішення. Одними з найскладніших з погляду сегментації дефектів є утяжини та непровари.

Утяжина – це дефект у вигляді поглиблення на поверхні зворотної сторони зварного шва, що виникає в неповному проплавленні основного матеріалу, а також внаслідок усадки матеріалу одностороннього шва. Непровар – це дефект у вигляді несплавлення у зварному шві. Непровар є найбільш небезпечним дефектом, недопустимим при будь-якому його розмірі.

Аналіз останніх публікацій досліджень виявив такі підходи до обробки радіографічних зображень зварних швів. Кроец та ін. [6] запропонували використовувати генетичний алгоритм до сегментації труби та кільцевих зварних швів. Вони використали зображення синтезованих моделей труб, що збільшило гнучкість методу та дає можливість застосовувати такий підхід для зварних швів іншої геометрії. Валваніс та Космопулос [13] аналізують лише зону зварного шва та використовують методи графів та Сауволи для сегментації дефектів. Хассан та ін. [3] використовують метод Канні для сегментації зони зварного шва та метод Сауволи з апаратом математичної морфології для сегментації дефектів. Проте це вимагає вибору трьох параметрів для методу Канні. У статті [2] автори використовують модель модифікованої анізотропної дифузії для сегментації дефектів. Область зони зварного шва вважають виділеною.

Багато авторів застосовують морфологічну обробку [14], нечітку логіку [4], вейвлет перетворення [11], штучні нейронні мережі [4] та аналіз ковзного вікна [8], метод водорозділу [5] для виділення дефектів.

Деякі автори моделюють профіль зварного шва гаусівською функцією [9, 10, 12]. Зокрема, Сікора та ін. [10] використовують суму гаусівської та лінійної функцій для апроксимації профілю шва. Проте вони використовують п'ять параметрів, від яких залежить якість сегментації. Алгоритм є чутливим до відношення довжини зварного шва до перешкод і до розміщення еталону чутливості та маркування. Для сегментації об'єктів вони реалізували порогові методи Оцу, Ніблака та Сауволи. Автори Соо та ін [9] апроксимують профіль зварного шва гаусівською функцією, а її параметри визначають за допомогою максимуму інтенсивності профілю та підходу, запропонованого Ліао та Ні [7].

© І. Б. Івасенко, 2013

Метою роботи є розробка методу сегментації утяжин та непроварів у зоні зварного шва на сканованих рентгенівських зображеннях труб. Складність сегментації утяжин полягає у їх складній текстурі. На фоні утяжини можуть проявлятися інші дефекти, такі як пори чи шлаки. Тому складно сегментувати утяжину глобальними чи локальними пороговими методами чи методами виділення контурів (див. рис. 1).

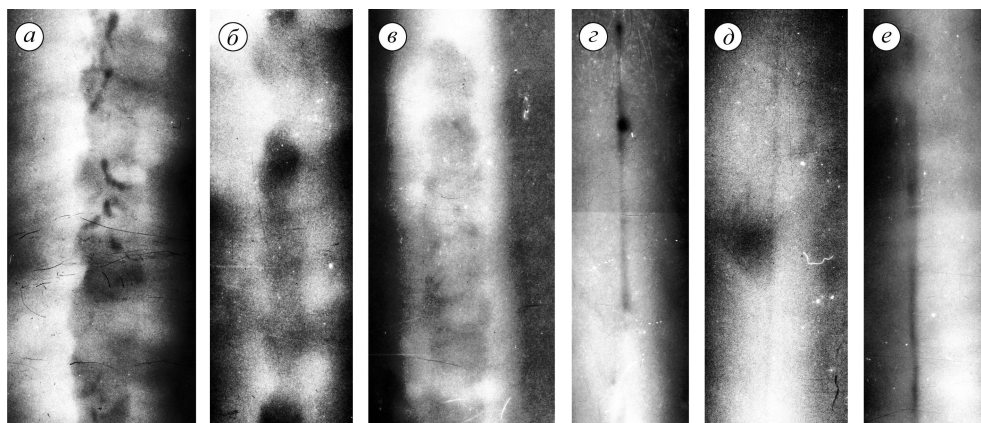


Рис. 1. Зображення утяжин (а-в) та непроварів (г-е).

В попередніх роботах для локалізації та сегментації пор та шлаків було застосовано алгоритм, який використовує багатомасштабну функцію інформативності для локалізації об'єктів. Проте при наявності утяжин такий алгоритм дає незадовільні результати, оскільки він виділяє лише невеликі контрастні і однорідні фрагменти.

Було проаналізовано профілі зварних швів, утяжин та непроварів і синтезовано ряд одновимірних масок для їх локалізації.

Послідовність запропонованого підходу така:

**Крок 1.** Обробка маскою з профілем зварного шва, утяжини чи непровару (див. рис. 2). Тобто виконуємо просторову обробку зображення шляхом накладання масок. Принцип такої обробки полягає в наступному: піксель нового зображення формується на базі того ж пікселя старого зображення і його околу з різними вагами. В результаті такої обробки в зонах уваги функція інтенсивності приймає більші значення (див. рис. 3). Такий підхід можна застосовувати як для прямих, так і кільцевих зварних швів.

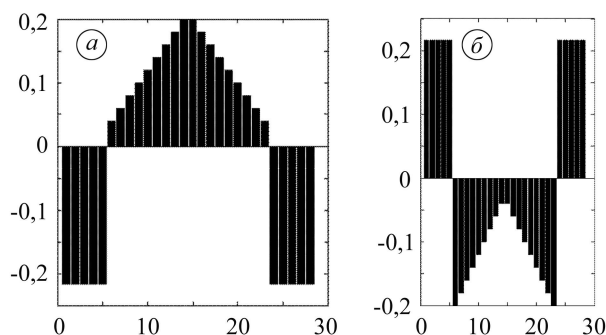


Рис. 2. Ілюстрація масок для локалізації зони зварного шва (а), утяжини та непровару (б).

**Крок 2.** Сегментація отриманого зображення пороговим методом, наприклад методом Оцу.

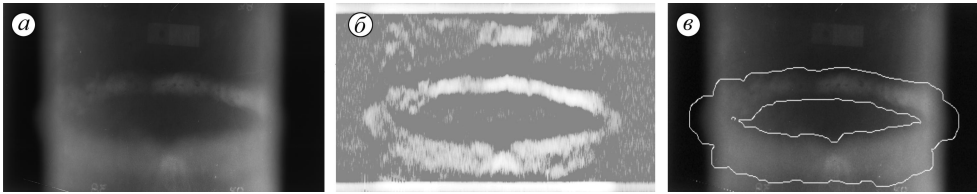


Рис. 3. Результати обробки вхідного зображення (а), маскою (б) та результат сегментації зони зварного шва (в).

**Крок 3.** Морфологічні операції замикання та відмикання над отриманим бінарним зображенням для корекції форми об'єктів. Вони дають змогу скоригувати форму сегментованих об'єктів.

Ерозію бінарного зображення  $B$  структурним елементом  $S$  позначають  $B(-)S$  і визначають як

$$B(-)S = \{b \mid b + s \in B \forall s \in S\}.$$

Розширення бінарного зображення  $B$  структурним елементом  $S$  позначають  $B \oplus S$  і визначають як

$$B \oplus S = \bigcup_{b \in B} S_b.$$

Морфологічне відмикання та замикання зображення  $B$  структурним елементом  $S$  визначають як

$$B \circ S = (B(-)S) \oplus S,$$

$$B \bullet S = (B \oplus S)(-)S.$$

**Крок 4.** Вибір об'єкта максимального розміру для випадку сегментації зони зварного шва чи об'єктів подовгастої форми для випадку утяжин та непроварів.

Приклади сегментації утяжин та непроварів наведено на рис. 4–5. Для кращого сприйняття контури дефектів накладено на зображення після еквалізації його гістограми.

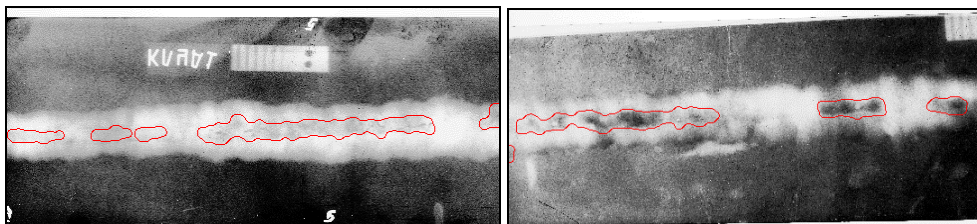


Рис. 4. Результат сегментації утяжин у зоні зварного шва.

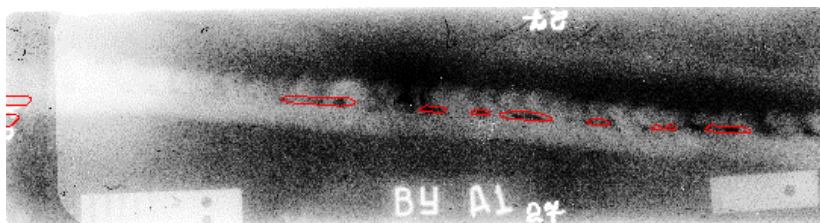


Рис. 5. Результат сегментації непроварів у зоні зварного шва.

Запропоновано і обґрунтовано підхід до сегментації радіографічних знімків, що базується на обробці масками та морфологічними операторами. Простежено

ефективність його застосування для сегментації зони зварного шва, утяжин та непроварів. Метою подальших досліджень є визначення інформативних ознак для утяжин та непроварів.

1. *ГОСТ 7512–82*. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиграфический метод.
2. *Weld defect detection using a modified anisotropic diffusion model* / Ben Mhamed et al. // EURASIP J. on Advances in Signal Processing. – 2012. – 12 p.
3. *Hassan J., Majid Awan A., Jalil A.* Welding Defect Detection and Classification Using Geometric Features // Proc. of IEEE 10th Int. Conf. on Frontiers of Information Technol. – 2012. – P. 139–144.
4. *Jebarani Sargunar P. N., Sukanesh R.* Automatic detection of weld defects in pressure vessels using fuzzy neural network // Int. J. Computer Applications. – 2010. – 1, № 21. – P. 119–125.
5. *Automatic detection of welding defects* / R. K. Kountchev et al. // Int. J. Reasoning-based Intelligent Systems. – 2011. – 3, № 1. – P. 34–43.
6. *Genetic algorithms to automatic weld bead detection in double wall double image digital radiographs* / M. Kroetz et al. // Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC). – 2012. – P. 1–7.
7. *Liao, T.W. and J. Ni.* An Automated Radiographic NDT System for Weld Inspection. P. I. Weld Extraction // NDT&E Int. – 1996. – 29(3). P. 157–162.
8. *Mery D.* Automated Detection of Welding Discontinuities without Segmentation // Materials Evaluation. – 2011. – June. – P. 657–663.
9. *Weld extraction from digitised radiographs using graphical analysis of weld intensity profiles* / S. L. Soo, Z. Samad, M. M. Ratnam, M. A. Khalid // Jurnal Teknologi. – 2006. – 45(D). – P. 167–180.
10. *Intelligent System for Radiogram Analysis – Software application* / R. Sikora et al. // Proc. of Joint 3<sup>rd</sup> Int'l Workshop on Nonlinear Dynamics and Synchronization & 16<sup>th</sup> Int'l Symposium on Theoretical Electrical Engineering. – 2011. – P. 1–6.
11. *Suwanjandee S., Leelasantitham A., Kiattisin S.* A detection of welding trace using X-ray images based on 2-D wavelet transform // Proc. of Int. Symposium on Intelligent Signal Proc. and Communication Systems. – 2010. – P. 1–4.
12. *Weld defect detection in radiography based on projection profile and RST invariant by using LVQ* / V. Vaithyanathan et al. // J. of Theoretical and Applied Information Technology. – 34, № 2. – P. 167–172.
13. *Valavanis I., Kosmopoulos D.* Multiclass defect detection and classification in weld radiographic images using geometric and texture features // Expert Systems with Applications. – 2010. – doi:10.1016/j.eswa.2010.04.082
14. *Wenfei Chen, Zuohua Miao, Delie Ming* Automated Inspection Using X-Ray Imaging // Proc. of IEEE 10<sup>th</sup> Int. Conf. on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications). – 2011. – P. 1769–1772.

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка  
НАН України, Львів;  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Одержано  
22.01.2013