

СЕГМЕНТАЦІЯ ПЕРЕКРИВНИХ ДЕФЕКТІВ НА ОЦИФРОВАНИХ РЕНТГЕНОГРАМАХ ЗВАРНИХ ШВІВ

І. Б. Івасенко

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

E-mail: ivasenko@ipm.lviv.ua

Запропоновано підхід до сегментації дефектів, що перекриваються, зокрема пор та шлаків, на фоні утяжин. Він полягає у сегментації невеликих дефектів, вилученні їх зі зображення та відновленні фрагментів за модифікованим градієнтним полем, а також утяжин з використанням маски профілю. Протестовано реальні та синтезовані зображення зварних швів.

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

SEGMENTATION OF OVERLAPPING DEFECTS ON DIGITAL RADIOGRAPHIC IMAGES OF WELDED JOINTS OF PIPES

I. B. Ivasenko

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine

The problem of automated defect detection on radiographic images of weld joints is complex and includes different tasks. One of them is the approach to segmentation of overlapping defects, including pores and slag on the background of extrusion and lack of fusion for welded joints on scanned X-ray films of tubes. Firstly defects of smaller images are segmented and then extracted with restoring the fragments by the modified gradient field. The next step is segmentation of extrusion and lack of fusion using segmentation mask profile. Method was tested on real and synthesized images of welded joints.

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

Забезпечити високу якість зварних швів – важливе завдання для надійної експлуатації виробів і конструкцій. Ефективний тут радіаційний контроль [1], який виявляє приховані в металі дефекти. Застосовуючи систему автоматичного розпізнавання дефектів на радіаційних зображеннях, можна позбутися негативно-го впливу людського чинника і досягти достовірності результатів контролю.

Під час створення системи автоматизованого аналізу радіографічних зображень зварних швів необхідно сегментувати перекривні дефекти, зокрема пори і шлаки на фоні чи на межі утяжин – пошкод у вигляді заглибин на поверхні зворотного боку зварного шва, що виникають за неповного проплавлення основного матеріалу, а також через усадку матеріалу одностороннього шва. Утяжину складно автоматично виявити і через присутність інших дефектів суттєво знижується ймовірність коректної сегментації. Пори – це газові порожнини в металі, зазвичай сферичної чи подовгастої форми. Шлакові включення – порожнини в металі зварного шва, заповнені шлаками, які не встигли піднятися на поверхню шва. Вони утворюються за великих швидкостей зварювання, сильного забруднення країв і багатопарового зварювання. На відміну від пор мають неправильну форму.

Аналіз останніх досліджень виявив, що подібні проблеми виникають під час обробки медичних зображень [2, 3] та електронної мікроскопії, коли використовують математичну морфологію, моделі активних форм, методи водорозділу, наросування областей тощо. Переважно сегментують об'єкти однакових розмірів і форми або ті, що суттєво відрізняються за текстурою чи середнім значенням функції інтенсивності зображення. Такі підходи неефективні, якщо сегментують слабконтрастні і різної форми дефекти зварного шва. В літературі описані генетичні алгоритми для сегментації труби та кільцевих зварних швів, методи графів,

© І. Б. Івасенко, 2016

Сауволи з апаратом математичної морфології, Канні для сегментації зони зварного шва, а також морфологічна обробка, нечітка логіка, вейвлет-перетворення, штучні нейронні мережі та ковзне вікно, метод водорозділу для виділення дефектів.

Нижче розроблено метод сегментації дефектів, що перетинаються, зокрема пор і шлаків, на фоні чи на межі утяжин та непроварів у зоні зварного шва на сканованих рентгенівських зображеннях труб.

Послідовність запропонованого підходу така.

Крок 1. Сегментація пор і шлаків за модифікованим методом Оцу [4].

Крок 2. Усунення сегментованих пор і шлаків з зображення. Для відновлення фрагментів зображення за градієнтним полем використаємо рівняння Пуассона. Нехай зображення Ω – замкнута підмножина \mathbb{R}^2 з границею $\partial\Omega$; f – невідома скалярна функція, задана всередині Ω ; v – векторне поле, задане на Ω (рис. 1). Для відновлення функції f додаємо граничну умову Діріхле $f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega}$. Для дискретизації рівняння Пуассона перетворюємо в систему лінійних рівнянь, де кількість змінних дорівнює кількості пікселів у підмножині Ω :

$$\forall p \in \Omega, \quad |N_p| f_p - \sum_{q \in N_p \cap \Omega} f_q = \sum_{q \in N_p \cap \Omega} f_q^* + \sum_{q \in |N_p|} v_{pq},$$

де v_{pq} – проекція відповідного вектора з векторного поля v на орієнтоване ребро $[p, q]$; $v_{pq} = v \left(\frac{p+q}{2} \right) \cdot \overline{pq}$ [5].

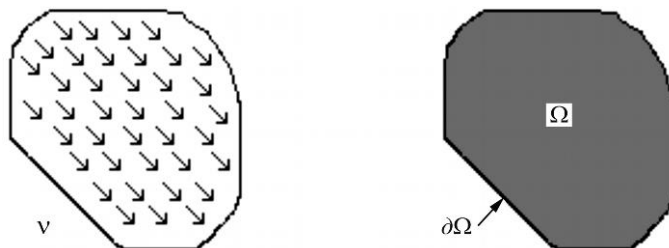


Рис. 1. Градієнтне поле.

Градієнтне поле на ділянках локалізованих дефектів інтерполюємо за напрямом зварного шва. Результати усунення дефектів наведено на рис. 2.

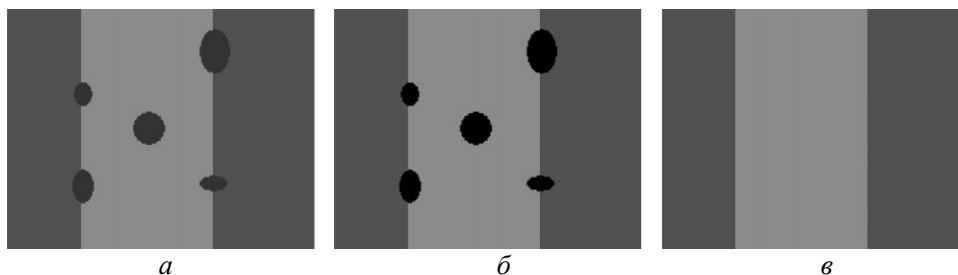


Рис. 2. Синтезоване зображення (а), сегментовані дефекти (б) та результат їх усунення (в).

Крок 3. Обробка маскою з профілем утяжини чи непровару (див. рис. 2). Тобто просторово обробляємо зображення, накладаючи маски. Для цього піксель нового зображення формуємо на базі того ж пікселя старого зображення і його околу з різними вагами. В результаті в зонах уваги функція інтенсивності набуває більші значення (рис. 3). Такий підхід придатний як для прямих, так і кільцевих зварних швів.

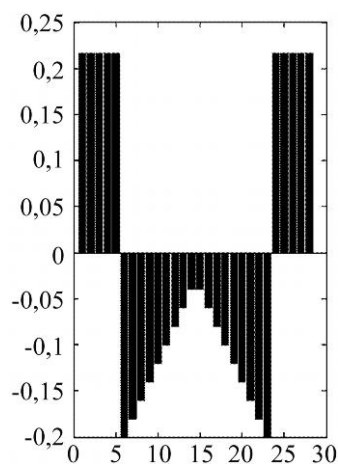


Рис. 3. Маска для локалізації утяжини.

Крок 4. Морфологічні операції замикання та відмикання над бінарним зображенням для корекції форми об'єктів, що дає змогу скоригувати форму сегментованих об'єктів [6].

Ерозію бінарного зображення B структурним елементом S позначимо як $B(-)S$:

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

Розширення зображення B елементом S позначимо як $B \oplus S$:

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

Морфологічне відмикання та замикання зображення B структурним елементом S визначимо як

$$B \circ S = (B(-)S) \oplus S, \quad B \bullet S = (B \oplus S)(-)S.$$

Крок 5. Вибір об'єктів подовгастої форми для утяжин та непроварів.

Сегментуючи отримане зображення пороговим методом та використовуючи операції математичної морфології, можна виділити утяжини та непровари. Попереднє усунення пор чи шлаків дає можливість точніше локалізувати дефекти великих розмірів (рис. 4).

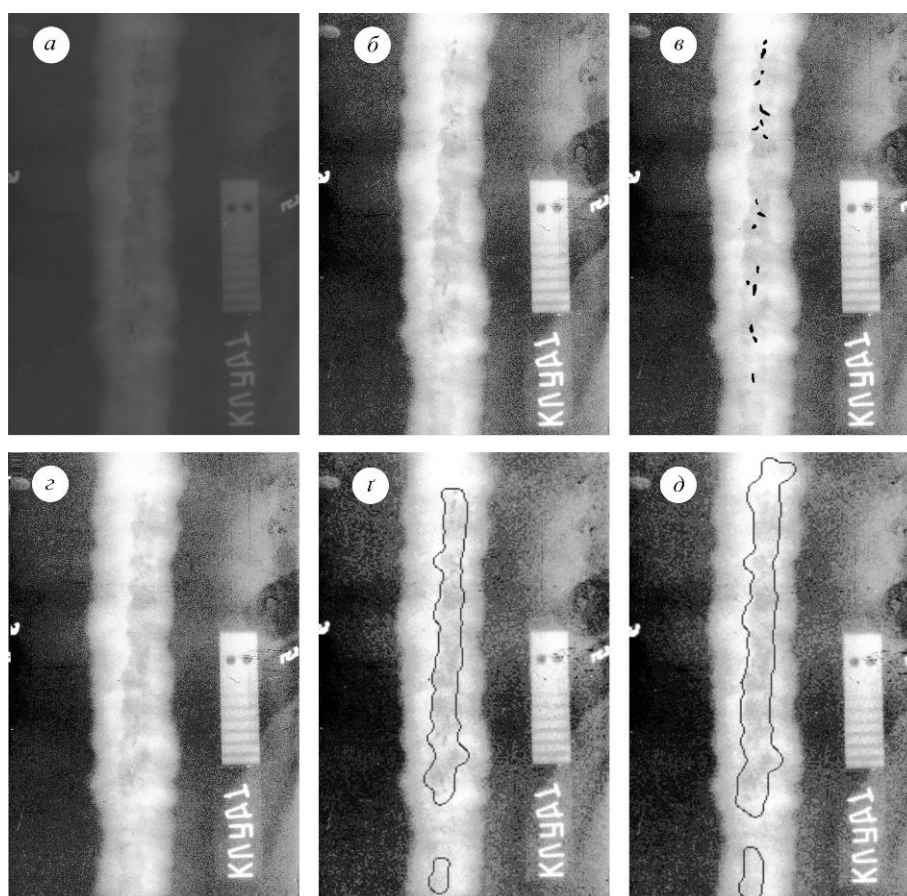


Рис. 4. Зображення зварного шва (а), його еквалізація (б), сегментовані пори та шлаки (в), результат їх усунення (г) та сегментація утяжини без (д) та після вилучення пор та шлаків (е).

Запропоновано і обгрунтовано підхід до сегментації перекривних об'єктів на радіографічних зображеннях зварних швів. Простежено ефективність його застосування для сегментації дефектів зварного шва, зокрема пор, шлаків, утяжин та непроварів.

1. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиграфический метод.
2. Kothari S., Chaudry Q., Wang M. D. Automated cell counting and cluster segmentation using concavity detection and ellipse fitting techniques // Proc. IEEE Int. Symp. on Biomedical Imaging. – 2009. – P. 795–798.
3. Yang H., Ahuja N. Automatic segmentation of granular objects in images: Combining local density clustering and gradient-barrier watershed // Pattern Recognition. – 2014. – 47 (6). – P. 2266–2279.
4. Mandziy T., Ivasenko I. B. Welding Defects Adaptive Segmentation on Radiographic Images // Proc. of the Int. Conf. TCSET'2014. – Lviv-Slavske, Ukraine, February 25–March 1, 2014. – P. 633–634.
5. Pérez P., Gangnet M., Blake A. Poisson image editing // ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH'03). – 2003. – 22 (3). – P. 313–318.
6. Івасенко І. Б. Використання морфологічних перетворень для сегментації утяжин та непроварів на зображеннях зварних швів // Відбір і обробка інформації. – 2013. – Вип. 38 (114). – С. 46–49.

Одержано 29.10.2015