

ВИМІРЮВАННЯ ГЛИБИН КАНАВОК ЕТАЛОНА ЧУТЛИВОСТІ ЗА ЙОГО ЗОБРАЖЕННЯМ

Н. В. ОПИР, О. Р. БЕРЕГУЛЯК (Ів.-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу)

Розроблена методика вимірювання глибин канавок еталона чутливості за його рентгенологічним зображенням з використанням методів обробки зображень та розпізнавання образів. На основі різниці рівнів сірого отвору і оточуючого його фону встановлено відповідність між градаціями яскравості і глибиною канавок.

Measurement procedure of groove depth on X-ray image of perceptibility standard is shown by using image processing and pattern recognition. The correspondence between gray level and depth is establish based on the difference of hole and background gray level.

Застосування комп'ютерної техніки для розв'язку задач радіографічного контролю зварних швів сприяє виявленню небезпечних дефектів, підвищенню достовірності контролю. Основний апарат, який при цьому використовується — цифрова обробка зображень, а відповідним пунктом для обробки зображення зварного шва є аналіз його ділянки, що містить калібрувальний еталон чутливості (КЕЧ). Згідно вимог стандартів, прийнятих для радіографічного контролю [1], КЕЧ встановлюють при кожному контролі на відстані не менше 5 мм від шва. Дефектоскопіст візуально оцінює степінь почорніння дефектів на зварному шві і встановлює їх глибинні параметри, співставляючи міру затемнення дефектів з певною канавкою КЕЧ. Такий підхід до визначення глибинних параметрів суб'єктивний і залежить від кваліфікації спеціалістів.

В роботі [2] описана методика автоматизованого визначення глибини канавок за їх зображенням в градаціях сірого, яка використовує усереднене значення яскравості канавок і оточуючого фону. Визначення глибини канавок — це задача вимірювання.

Глибина канавок визначається на основі співставлення зміни рівнів сірого на певних ділянках еталона на зображенні (рис. 1) і відомих їх метричних розмірів (рис. 2 та табл. 1) в напрямку рентгеновського випромінювання.

Дослідження проводили для еталона №1 [1] з параметрами, наведеними в табл. 1 (значення a , b , c , h , l — номінальні).

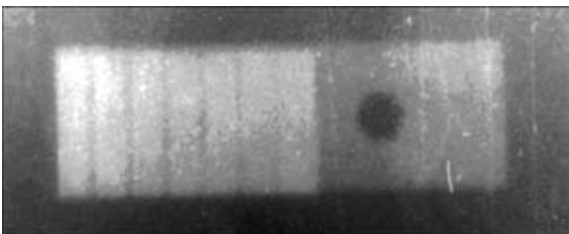


Рис. 1. Зображення канавкового еталона на екрані монітора

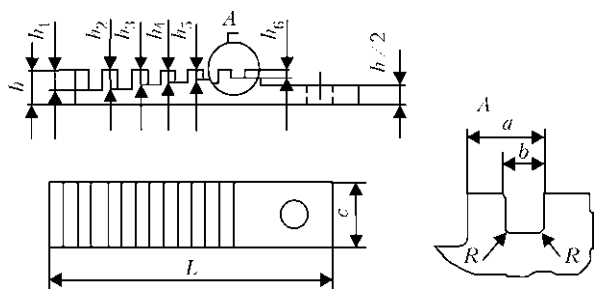


Рис. 2. Схематичне зображення канавкового еталона по ГОСТ 7512–85

Таблиця 1. Параметри еталона №1, мм

| Глибина канавок | | | | | | R, не більше | a | b | c | h | L |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-----|-----|----|---|----|
| h_1 | h_2 | h_3 | h_4 | h_5 | h_6 | | | | | | |
| 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 2,5 | 0,5 | 10 | 2 | 30 |

Встановимо відповідність градацій сірого чітко видимого отвору на зображенні канавкового еталона його глибині (половина висоти пластини).

Визначення глибини отвору еталона за його зображенням. Використаємо апарат обробки зображень для знаходження координат центру отвору x_0 , y_0 та його радіусу R в системі декартових координат з початком в центрі зображення. До обробленого оператором Канні [3] зображення еталона (рис. 3) застосуємо метод розпізнавання образів (перетворення Хафа з нечітким розбиттям і трикутними функціями нечіткої належності [4]).

Для застосування перетворення Хафа використовується параметричний запис рівняння кола:

$$(x - c)^2 + (y - d)^2 = r^2, \quad (1)$$

де c , d — координати центра кола, r — радіус.

Тривимірний простір параметрів розбивається на нечіткі комірки [4]:

$$C_{ijk}^r = \left\{ ((c, d, r), \mu_{C_{ijk}^r}(c, d, r)) | (c, d, r) \in R^3 \right\},$$

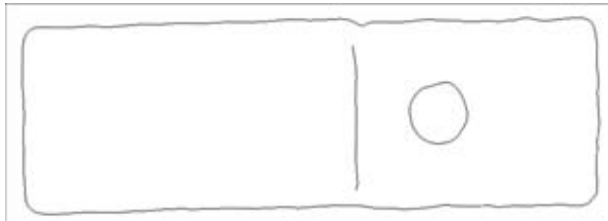


Рис. 3. Зображення канавкового еталона, оброблене оператором виділення країв

$$\mu_{C_{ijk}}(c, d, r) = \begin{cases} \mu_{Rk}^f(r) & \text{при } c \in C_i, d \in D_j \\ 0 & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Функція нечіткої належності $\mu_{Rk}^f(r)$ має трикутний вигляд.

Нехай x, y — точка контуру отвору, тоді для кожного c_i, d_j з рівняння (1) знаходимо точку параметричного простору (c_p, d_j, r_{ij}) , яка належить більш ніж одній нечіткій комірниці C_{lmn}^r . Елемент матриці акумуляторів $A(l, m, n)$ збільшується на величину $v_{lmn}(x, y) = \mu_{C_{ijk}}^r(c_p, d_j, r_{ij})$. Знаходячи локальний максимум матриці акумуляторів отримуємо параметри шуканого рівняння кола. Використання нечіткого розбиття простору параметрів забезпечує врахування невизначеності розташування точок контуру, що забезпечує точніше розпізнавання кола, що відповідає контурам отвору еталона, на зашумлених зображеннях.

Таким чином, використовуючи нечітке перетворення Хафа, визначаємо параметри отвору $(x_0 = c; y_0 = d; R = r)$.

Область на відстані ϵ від краю отвору не враховувалась при усередненні рівнів сірого як в середині отвору I_c , так і для обчислення фону навколо отвору I_{fc} (для уникнення додаткової похибки через розмитість краю отвору):

$$I_c = \frac{\sum_{\theta=0}^{359} \sum_{\rho=0}^{R-\epsilon} G(x(\rho, \theta), y(\rho, \theta))}{N_c},$$

$$I_{fc} = \frac{\sum_{\theta=0}^{359} \sum_{\rho=R+\epsilon}^{R+4\epsilon} G(x(\rho, \theta), y(\rho, \theta))}{N_{fc}},$$

(2)

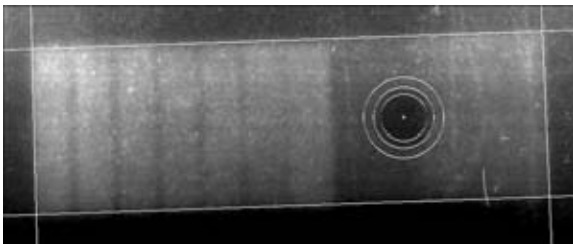


Рис. 4. Нанесені краї еталона та області отвору і фону, по яким проводиться визначення глибинних параметрів

де $G(x(\rho, \theta), y(\rho, \theta))$ — рівень сірого в точці з координатами $(x(\rho, \theta), y(\rho, \theta))$ (початок полярної системи координат $\rho - \theta$, розташований в центрі круга — точці з координатами (x_0, y_0) ; N_c та N_{fc} — кількість точок, що враховані при визначенні відповідно I_c та I_{fc} .

На рис. 4 показано границі областей отвору (внутрішнє коло) і фону навколо нього (два зовнішні кола), градації яких враховані при визначенні глибини отвору на еталоні, а також нанесені прямі, що виділяють контури еталона, параметри яких знаходяться за методикою [2].

Різниця рівнів сірого $\Delta I_c = I_{fc} - I_c$ на зображенні відповідає глибині отвору $h/2$.

Обчислення градацій сірого канавок та їх оточуючого фону. Ці характеристики визначаються на основі отриманих значень рівнів сірого вздовж еталона згідно методики [2]. Розподіл рівнів сірого I_r вздовж еталона показано на рис. 5.

Шукаємо місцезнаходження i -го локального мінімуму k_{\min}^i з умови:

$$I(k_{\min}^i) = \min_{id+\Delta > r > id-\Delta} I_r,$$

де d і Δ — визначається відповідно в пікселях пропорційно геометричним розмірам a і b еталона (рис. 2).

Для обчислення значення рівнів сірого як характеристики i -ї канавки використовуємо усереднені значення рівнів сірого (в діапазоні $[-\epsilon, +\epsilon]$) в області локальних мінімумів вздовж еталона:

$$I_k^i = \sum_{r=k_{\min}^i - \epsilon}^{k_{\min}^i + \epsilon} I_r / 2\epsilon,$$

де ϵ в пікселях вибирають пропорційно $b/2$.

Обчислення градацій сірого оточуючого канавки фону проводили аналогічно як і для канавок відносно точок, розташованих на відстанях, пропорційних $(a - b)/3$ від країв канавок, ближче до

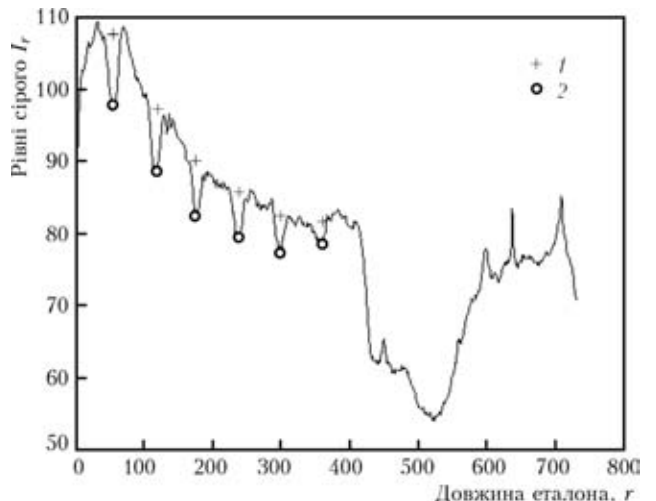


Рис. 5. Розподіл усереднених рівнів сірого вздовж еталона: 1 — градації сірого, що відповідають фону; 2 — канавкам

очікуваних країв канавок (рис. 5). Таким чином визначали I_{fl}^i, I_{fr}^i — значення градації сірого фону відповідно зліва та справа від i -ї канавки. Значення фону відповідної i -ї канавки обчислювали як їх усереднене значення: $I_f^i = \frac{I_{fl}^i + I_{fr}^i}{2}$.

Визначення глибини канавок. Глибина i -ї ($i = 1 \dots 6$) канавки визначається наступним чином:

$$H_i = \frac{\Delta I_{k_i}}{2\Delta I_c} h \text{ (мм)}, \text{ де } \Delta I_{k_i} = I_{fl}^i - I_{fr}^i. \quad (3)$$

Канавковий еталон, який ми обробляємо, визначає 4 клас чутливості контролю [2], тому будемо оцінювати глибину перших чотирьох канавок. Для еталона, показаного на рис. 1, обчислимо глибини канавок (табл. 2) за запропонованою методикою та порівняємо їх з нормативними значеннями [1].

Аналізуючи результати, наведені в табл. 2 та графік на рис. 4, можна зробити висновки, що через нерівномірність освітлення (фон на КЕЧ не однаковий для постійної товщини пластини) та зашумленість зображення глибини канавок визначені зі значною похибкою. Згідно роботи [1] допустиме відхилення глибини канавок при виготовленні еталона для зразка, який досліджувався, становить

Таблиця 2. Глибини канавок, мм

| Методика обчислення | Номер канавки | | | |
|------------------------|---------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ГОСТ 7512–85 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| Запропонована методика | 0,5531 | 0,4814 | 0,4051 | 0,3423 |

0,05 мм. Для наведеного еталона і його зісканованого зображення (рис. 1) абсолютна похибка

вимірювань знаходиться в допустимих межах. Однак отримати повторюваність результатів при наступних скануваннях не вдається, так як на вхідне зображення накладаються шуми. Тому в подальших роботах необхідно дослідити вплив шумів на результати вимірювань, можливість скорегувати нерівномірність освітлення на зображенні і підвищити точність вимірювань.

Висновки

Запропонована методика автоматизованого вимірювання метричних величин глибин канавок еталона чутливості за його рентгенологічним зображенням, що в значній мірі усуває суб'єктивний людський фактор. Результати досліджень можуть бути використані для вимірювання глибини дефектів за їх зображеннями.

Используя методы обработки изображений и распознавания образов, разработана методика измерения глубин канавок эталона чувствительности по его рентгенологическому изображению. На основании разности уровней серого отверстия и окружающего его фона установлено соответствие между градациями серого на изображении и глубиной канавок

1. ГОСТ 7512–82. ДС Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. — Введ. 01.01.84. — М.: Изд-во стандартов, 1988. — 32 с.
2. Компьютерная технология определения чувствительности рентгенографического контроля по изображению канавочного эталона / Р. А. Воробель, Н. В. Опыр, З. А. Бернык, О. Р. Берегуляк // Дефектоскопия. — 2009. — №5. — С. 81–89.
3. Canny, J. F. A computational approach to edge detection // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1986. — 8, № 6. — P. 679–698.
4. Chatzis V., Pitas I. Fuzzy Cell Hough Transform for Curve Detection// Pattern Recognition. — 1997. — 30, № 12. — P. 2031–2042.

Надійшла до редакції
12.10.2009

Уважаемые авторы!

Редакция обращается к Вам с просьбой при подготовке статей учитывать требования постановления Президиума Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Украины от 15.01.2003 г. № 7-05/1 «О повышении требований к специальным изданиям, внесенным в перечень ВАК Украины», в соответствии с которым статья должна содержать такие необходимые элементы, как:

- ✧ постановка проблемы в обобщенном виде и ее связь с важными научными или практически-ми задачами;
- ✧ анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опираются авторы, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена данная статья;
- ✧ формулировка целей статьи (постановка задания);
- ✧ изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов;
- ✧ выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.