

СЕГМЕНТАЦІЯ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ МІКРОСТРУКТУРИ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ РОСТУ КАВІТАЦІЙНИХ ТРІЩИН

Р.Я. Косаревич, Б.П. Русин

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,
79601, м. Львів, вул. Наукова, 5, тел.:(0322) 65-45-30, e-mail: kosarevych@ipm.lviv.ua

Анотація У роботі розглядається проблема сегментації напівтонових зображень поверхні фрагмента матеріалу, пошкодженої кавітаційними тріщинами з метою визначення їх кількості та розмірів. Спочатку на зображенні вибираються точки, які з високою вірогідністю належать тріщинам, далі на основі запропонованого критерію до цих точок приєднуються інші точки зображення. На сегментованому зображенні проводиться фільтрація лінійних сегментів, які відповідають шліфам матеріалу.

1. ВСТУП

Багато із виникаючих проблем в матеріалознавстві сьогодні можуть бути вирішені лише з використанням автоматизованих засобів накопичення, переробки і видачі інформації про матеріали. Основним об'єктом в структурних методах дослідження матеріалів є зображення, отримані мікроскопом, на яких достатньо добре розпізнаються конструктивні елементи матеріалу. Так при визначенні міцності матеріалів важливе значення має обчислення на ділянці матеріалу кількості і розмірів кавітаційних тріщин (Рис.1). Загалом ці визначення проводяться на основі візуального аналізу фотографій. Якщо автоматизувати ці дослідження, тобто проводити обробку цифрових зображень дослідних зразків, то без сумніву вдасться зменшити вплив суб'єктивних чинників і суттєво скоротити часові затрати.

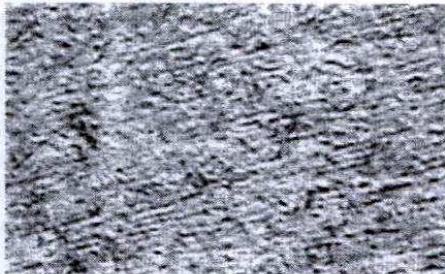


Рис.1 Вихідне зображення

2. ПРОБЛЕМАТИКА

Під час візуальних досліджень зображень мікроструктури матеріалів критичною є яскравість їх елементів. Чим більше вони темніші тим ймовірніше, що вони відображають тріщину, при цьому величина цих деталей не відіграє особливого значення, оскільки тріщина може бути дуже малою. Тріщина є

кавітаційною, тобто внаслідок мікрогідроудару і може з'явитись як вздовж так і поперек текстури зображення. Сама текстура і шліфи, що утворюються внаслідок обробки зразка відіграють роль шумів оскільки спотворюють ділянки зображення, де розташована тріщина. Для аналізу зразка матеріалу необхідно провести обчислення довжин тріщин декілька раз протягом часу досліджень і встановити тим самим динаміку їх росту.

Для вирішення даної задачі необхідно сегментувати цифрове зображення, тобто розділити на фон і власне тріщини. Як відомо проблема сегментації зображення може роз'язуватись різними підходами, а саме за допомогою встановлення порогу, виділення контурів, нарощування областей та ін.

3. СЕГМЕНТАЦІЯ

Методи вибору порогу [1,2] базуються на припущенні, що суміжні точки зображення, чий рівень яскравості лежить в заданих межах, належать до одного класу. За допомогою цих методів можна отримати добрі результати сегментації зображень, які включають дві компоненти. Оскільки такі методи повністю ігнорують інформацію про просторові зв'язки зображення, вони є неефективними для зображень із розмитими краями об'єктів, а також для зображень, які потрібно сегментувати на більшу кількість компонент. В нашому випадку встановлення порогу призводить до виділення великої кількості хибних об'єктів (Рис.2).

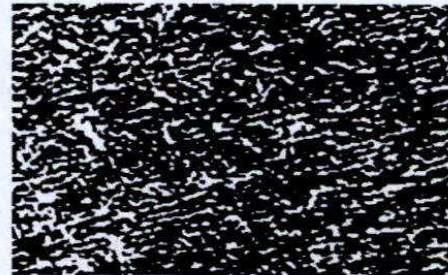


Рис.2 Сегментоване зображення за допомогою вибору порогу

Виділення контурів на зображенні ґрунтується на стрімкій зміні значення яскравості на межі між двома областями [3,4,5]. Детектори

країв, що використовуються при цьому або прості оператори типу Собеля, Робертса, або більш складні, такі як Канні оператор. Але результатом детекторів краю, в більшості випадків, не є чітка замкнена лінія, а деяка сукупність точок, яка містить розриви і надлишкові точки (Рис.3). Тому після застосування таких детекторів необхідна додаткова обробка, яка включає прослідковування контурів, заповнення розривів, потоншення ліній, що вимагає додаткових затрат часу. Цих часових затрат можна уникнути якщо інтегрувати підходи на основі виділення контурів і нарощування областей.

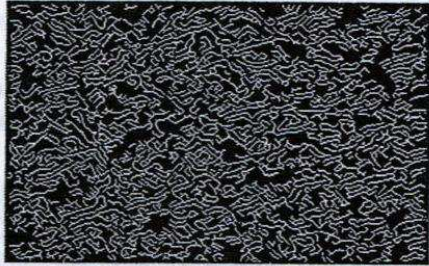


Рис.3 Виділення контурів

Методи, що полягають у нарощуванні областей [6,7,8] використовують припущення, що суміжні піксели, які належать одній області мають подібні візуальні характеристики такі як рівень напівтону, колір, текстуру. Ефективність цього підходу сильно залежить від вибраного критерію однорідності. На відміну від вибору параметрів однорідності техніка нарощування початкових областей (НПО) обмежується кількістю цих областей. Задавши їх кількість методи НПО намагаються знайти таку сегментацію зображення на області, при якій кожна зв'язна компонента області містить одну з початкових областей.

Вибір того чи іншого підходу до сегментації зображення диктується апріорною інформацією про об'єкти дослідження. Серед згаданих вище підходів методи НПО можуть дати найбільш задовільні результати, оскільки вихідні зображення є малоконтрасними і необхідно проводити їх локальний аналіз.

Як вже вказувалось методи НПО полягають у виборі наперед заданої кількості, початкових областей S_1, \dots, S_n , які можуть бути точками і приєднання до цих початкових областей інших точок зображення на основі деякого критерію. Кількість початкових областей може визначатися, наприклад, кількістю об'єктів, які потрібно виділити на зображенні.

3.1 Вибір початкових точок

В нашому випадку, коли кількість тріщин на зображенні наперед не відома, початкові точки будуть вибиратись, виходячи із значень їх яскравостей, за декілька етапів. Спочатку, оскільки відомо, що тріщинам відповідають темніші ділянки зображення, вибираються точки рівень яскравості яких менший за середній рівень зображення і в околі розміром 3×3 яких всі точки мають більшу або таку ж

яскравість. На основі середнього рівня яскравості, відібраних на попередньому кроці точок, відкидаються ті, значення яких більше. Крім того для відбору точок використовується різниця значень середніх яскравостей двох різних за розмірами околів O_1 та O_2 , центри яких розташовані в одній і тій ж точці (Рис.4). Якщо різниця цих значень менша за деякий поріг, то ця точка відкидається. За поріг вибирається значення дисперсії елементів меншого околу O_2 . Критерій відбору виражається як $A(i, j) \in S \Leftrightarrow C(O_1(A(i, j)), O_2(A(i, j))) > \sigma(O_2(A(i, j)))$, де $A(i, j)$ – точка відібрана на першому етапі, $S = \bigcup_{i=1}^n S_i$, $\sigma(\cdot)$ – середньоквадратичне відхилення елементів околу.

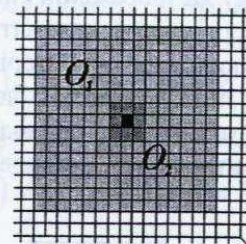


Рис.4 Околи аналізу відібраних точок

Діапазон значень величин тріщин є наперед відомим, тому розмір околів O_1 та O_2 вибирається так щоб розмір більшого був співмірним з величиною тріщини. Використання такого критерію можна пояснити наступним чином. Якщо центр обох околів O_1 та O_2 припадає на область, де розташована тріщина, то різниця середніх рівнів яскравості буде більшою за рахунок того, що в квадратному околі O_1 більша частина пікселів буде мати яскравість вищу ніж яскравість елементів тріщини. В той же час в околі O_2 всі елементи будуть належати тріщині і середні значення буде малим. Якщо ж центр околів припадає на область, в якій немає тріщини, то середні значення яскравості в обох околах будуть приблизно однаковими і їх різниця буде меншою за поріг. Значення порогу є змінним оскільки рівень яскравості елементів не є сталим для різних тріщин.

3.2 Критерій приєднання точок

Кожній з початкових точок присвоюються деяке число, мітка – її порядковий номер. На рис.5 для тестового зображення показано вибір початкових точок.

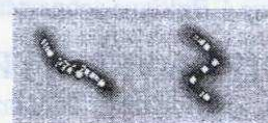
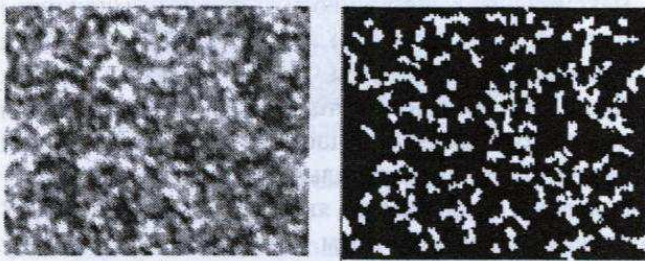


Рис. 5 Приклад виділення початкових точок

Після вибору початкових точок необхідно задати критерій приєднання до них інших точок зображення. Запропонований нами критерій також

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Як вже вказувалось на початку, сегментація зображення кавітаційних тріщин проводиться з метою визначення динаміки росту. На сегментованому зображенні підраховувались кількості кавітаційних тріщин (ККТ) трьох діапазонів довжин: $0-3 \cdot 10^{-6}$ м., $3-5 \cdot 10^{-6}$ м. та $5-10 \cdot 10^{-6}$ м. Довжина тріщини апроксимувалась величиною, що є сумою відстані між двома найбільш віддаленими точками множини та максимальною серед відстаней точок множини до цієї прямої. На рис.9в і рис. 9е показано результати підрахунків ККТ для одного зразка з різним часом експозиції рис.9а та рис.9б. Отримані результати добре узгоджуються з реальними спостереженнями.

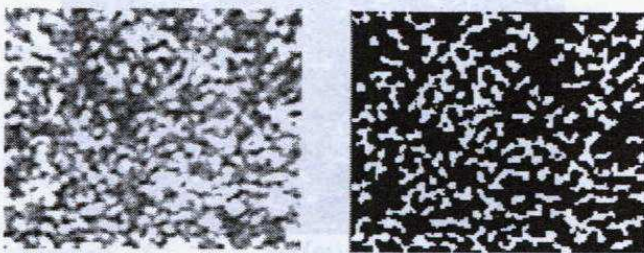


а)

б)



в)



г)

д)



е)

Рис. 9 Результати визначення довжин мікротріщин

ВИСНОВКИ

Адаптація відомих та розробка нових методів обробки зображень дозволяють покращити достовірність та скоротити часові затрати при аналізі просторово - часової структури матеріалів.

Запропоновані критерії виділення початкових областей та приєднання суміжних точок дозволяють ефективно проводити виділення кавітаційних тріщин на напівтонових зображеннях мікроструктури матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. H.D. Cheng, C.H. Chen, H.H. Chiu and Huijuan Xu *Fuzzy homogeneity approach to multilevel thresholding* //IEEE Trans. on Image Processing. - No 7. - 1998. - P. 1084-1088.
2. Francis H.Y. Chan, F.K. Lam, and Hui Zhu *Adaptive thresholding by variation method* //IEEE Trans. on Image Processing. - No 7. - 1998. - P. 468-474.
3. Chao Han, Thomas S. Hatsukami, Jeng-Neng Hwang *A fast minimal path active contour model* // IEEE Trans. on Image Processing. - No.6. - 2001. - P. 865-872.
4. Andrew P. Paplinski *Directional filtering in edge detection* // IEEE Trans. on Image Processing. - No. 4. - 1998. - P. 611-615.
5. S. Ando *Image field categorization and edge/corner detection from gradient covariance* / IEEE Trans. on PAMI. - No.2. - 2000. - P. 179-190.
6. J. Fan, K.Y. Yau, Ahmed K. Elmagarmid Walid G. Aref *Automatic image segmentation by integrating color-edge extraction and seeded region growing* // IEEE Trans. on Image Processing. - No.10. - 2001. - P. 1454-1466.
7. Andre Bleau, L. J. Leon *Watershed-based segmentation and region merging* //Comp. Vision and Imag. Underst. - 2000. - P. 317-370.
8. F. Moscheni, S. Bhattacharjee, Murat Kunt *Spatiotemporal segmentation based on region merging*// IEEE Trans. on PAMI. - No.9. - 1998. - P. 897-915.
9. Teh C.H. and Chin R.T., *On the detection of dominant points on digital curves* // IEEE Trans. PAMI. - 1989. - No. 8. - P. 859-872