

УДК 539.3

В.В.Лотиш, Р.Я.Грудецький, Р.Лисенко

Луцький національний технічний університет

**КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА МІКРОФОТОГРАФІЙ ШЛІФІВ ПОЛІДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ З МЕТОЮ ВИВЧЕННЯ ЇХ МОРФОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

*В роботі проаналізовано можливість застосування програмних алгоритмів для дослідження об'єктів у металографії, розглянуто алгоритм роботи для такого дослідження, апробовано алгоритм на реальних мікрознімках шліфів.*

У матеріалознавстві одними з найбільш актуальних і широко поширених завдань є визначення складу полідисперсних матеріалів, послідовності утворення в них зерен, вивчення пористості та її природи, ряд інших подібних питань. Для їх вирішення існує перевірений часом підхід: використання методів поляризаційної мікроскопії.

Поляризаційний мікроскоп дозволяє розрізнити частки в шліфах, визначити їх форму і розмір, взаємне розміщення, вивчати їх властивості і, орієнтуючись на отримані результати, робити висновки щодо їх фізико-механічних характеристик.

Альтернативою вивчення шліфів полідисперсних матеріалів під мікроскопом є отримання мікрофотографій шліфів та їх подальша обробка.

Комп'ютерна обробка зображень дає ряд переваг і відкриває нові, недоступні при ручній обробці, можливості в отриманні інформації про стан полідисперсних матеріалів. Колекції мікрознімків допомагають спростити робочий процес, особливо коли потрібно проаналізувати сотні однотипних шліфів з певною метою, наприклад, для визначення пористості шліфа або наявності і процентного вмісту в ньому певних часток.

Для автоматизованих вимірювань геометричних розмірів та форми часток на ЕОМ у сучасних дослідженнях широко застосовуються досягнення цифрового аналізу зображень (Претт, 1982; Jain, 1990), математичної морфології (Serra, Ley, 1988; Pitas, Venetsanopoulos, 1989) та комп'ютерної геометрії (Препарату, Шеймос, 1989; Роджерс, Адамс, 2001).

На основі цих досліджень розроблено та застосовуються ряд програмних пакетів для кількісного аналізу мікрофотографій шліфів.

Пакет аналізу зображень металографії **SET Intron** - програмний додаток обробки і аналізу зображень металографії, що призначений для вводу, перетворення і аналізу зображень в матеріалознавстві. Результати аналізу обробляються статистично. Пакет дозволяє проводити аналіз зображень в напівавтоматичному або автоматичному режимах і вирішувати широкий спектр задач кількісної металографії. За допомогою даного пакету проводяться аналіз зернистості, фазовий аналіз, морфологічний аналіз, аналіз пористості та ін.

**Altami Studio** - програмне забезпечення для управління цифровими камерами, проведення вимірювань і автоматичного аналізу зображень.

Програма аналізу зображень **Altami Studio** дозволяє керувати захватом зображення і здійснювати його аналіз; проводити калібровку масштабу по об'єкт-мікрометру і зберігати/завантажувати проведені калібровки; проводити різного роду вимірювання як на статичному зображенні, так і на відео потоці з камери в режимі реального часу.

Програмне забезпечення **AxionVision** призначене для управління камерами Axiosam, отримання зображень, поліпшення якості зображень, обробки зображень та багато ін.. Програма AxionVision представляє собою основний блок і серію додаткових модулів, може використовуватись для вирішення широкого кола задач в біології, криміналістиці та матеріалознавстві.

Об'єктом дослідження в даній роботі є методи металографічного аналізу і контролю полідисперсних матеріалів по зображеннях їхніх мікроструктур.

Предметом дослідження є методи автоматизації проведення контролю полідисперсних матеріалів за допомогою цифрової обробки зображень їх мікроструктур, що дозволяють найбільш об'єктивно оцінити якість матеріалів і з певним рівнем значущості прогнозувати їх фізико-механічні властивості.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи аналізу та контролю полідисперсних матеріалів з використанням цифрової обробки оптичних зображень мікроструктур

на основі аналізу структури, фазового складу та подальшого прогнозу властивостей досліджуваних матеріалів. Дана система є одним з елементів загальної системи автоматизованого комплексу для дослідження структурно-неоднорідних матеріалів.

В цілому програмний алгоритм працює за відомою схемою, в якій послідовність дій вже стала стандартом при вирішенні завдань подібного роду. Для повноти опису коротко перерахуємо основні етапи роботи комп'ютерної програми.

1. Завантаження графічного файлу цифрового зображення шліфа.
  2. Попередня обробка напівтонового зображення (фільтрація шуму, обрізання країв, масштабування, поворот і т. д.).
  3. Бінаризація.
  4. Калібрування.
  5. Обчислення метричних характеристик і різних коефіцієнтів форми знайдених часток або пор.
  6. Збереження отриманих даних для подальшої статистичної обробки.
- Таким чином структурна схема процесу вимірювання виглядає наступним чином.



Рис. 1. Схема роботи з програмою

Мовою для написання програми було обрано Delphi 5, адже вона має усі можливості для обробки зображень.

Для роботи з зображенням шліфа використано одну з нестандартних бібліотек, що дозволяє автоматично використовувати, наприклад, функцію лассо, функцію виділення периметру об'єкта тощо. Це пришвидшує роботу користувача з програмою та економить час.

Після завантаження зображення необхідно задати масштаб або еталонну відстань. Для цього використовується зображення еталонної лінійки з мікронною шкалою. Вибравши мишею відстань та задавши у відповідність цифрове значення, програма отримує усі необхідні для замірів дані. При цьому масштаби еталонного та робочого зображення повинні бути однакові.

На рис. 3 показано, як виглядає оброблена (ліва частина) та необроблена (права частина) частина фотографії одного шліфа. Як видно з рисунка, після обробки мікрочастинки мають чіткі контури, прибрані шуми, які негативно відображаються на аналізі фотографії тощо.

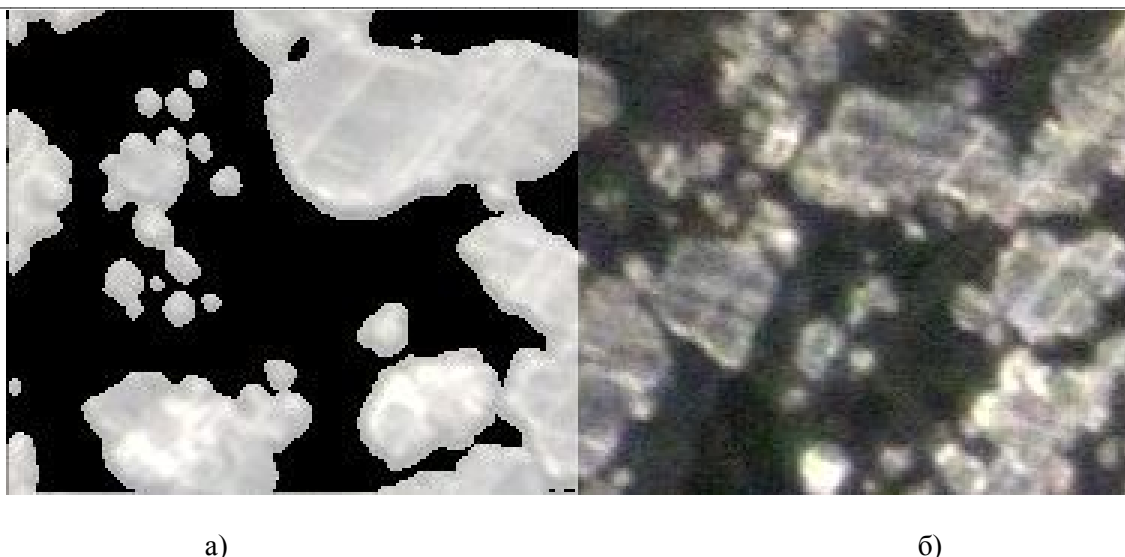


Рис. 3. Приклад обробленої (а) та необробленої (б) частини мікрознімка одного зрізця



Рис. 4. Заміри, зняті з тестового зразка (точка-точка та площа виділеної області)

На рис. 5-7 показано приклади обчислень за допомогою розробленого програмного продукту – виділення розмірів точка-точка, автоматичне виділення об'єкту та знаходження периметру і площі виділеного об'єкту. Усі знімки зроблені з реальних матеріалів за допомогою цифрового мікроскопа.

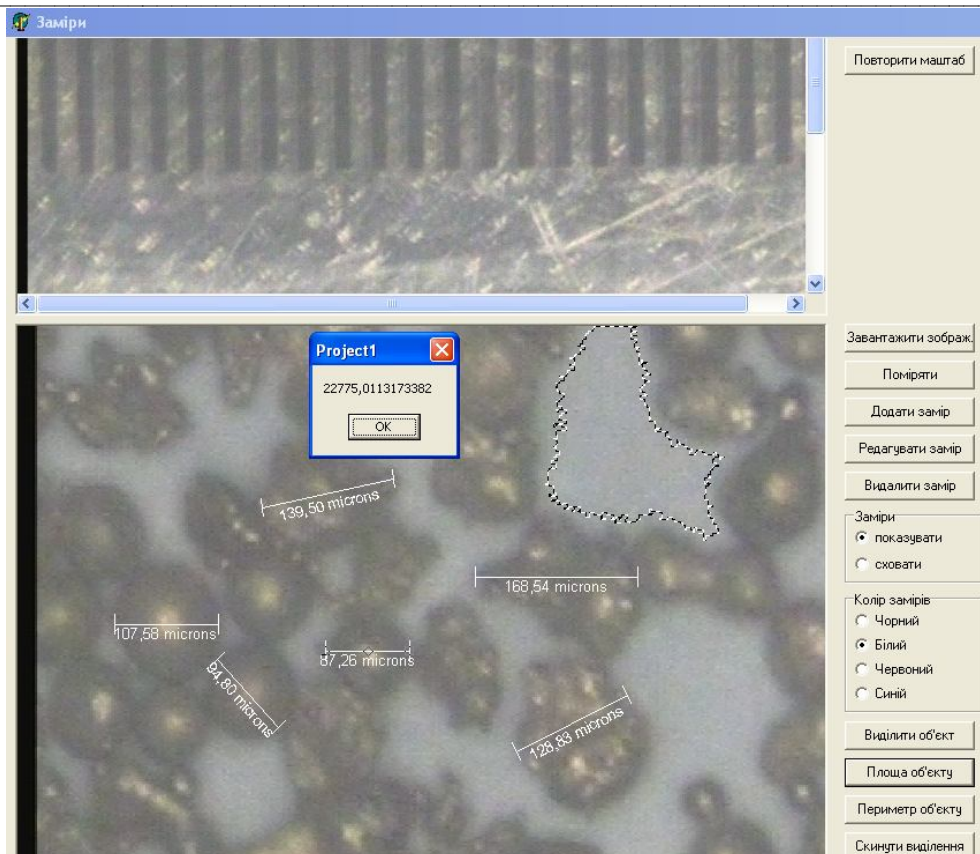


Рис. 5. Приклад обробки шліфа №1 (відстань точка-точка та площа у вибраних одиницях)

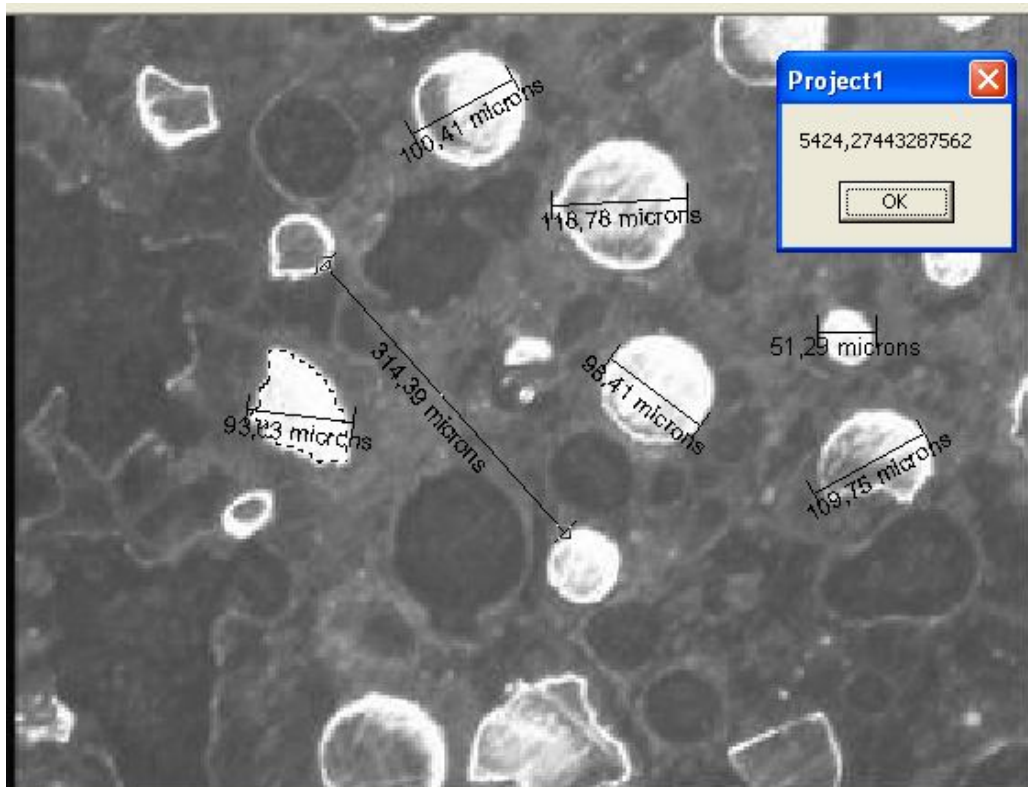


Рис. 6. Приклад обробки шліфа №2 (відстань точка-точка та площа у вибраних одиницях)



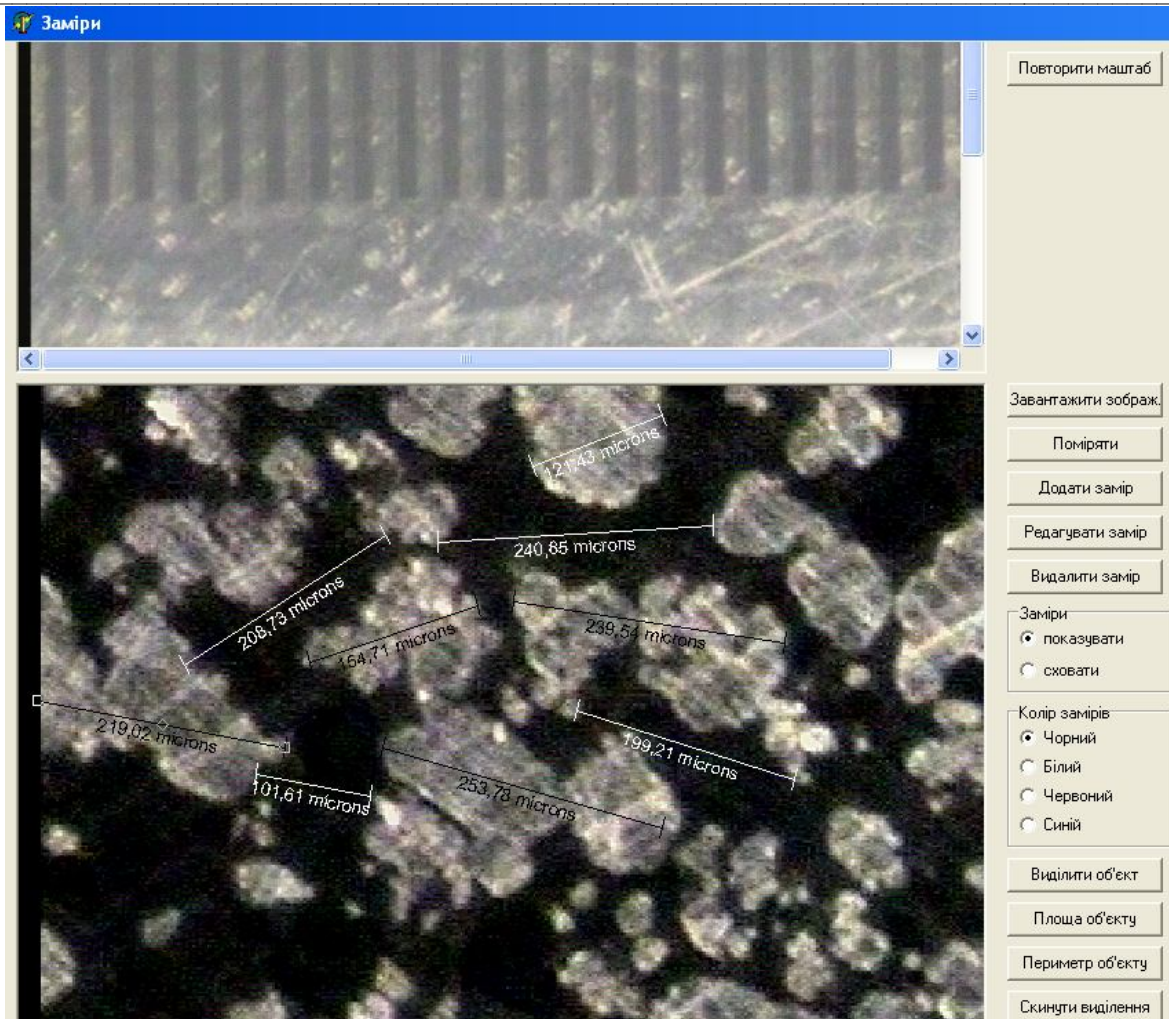


Рис. 7. Приклад обробки шліфа №3 (відстань точка-точка та площа у вибраних одиницях)

Точність роботи програми головним чином залежить від якості фото та точності задання масштабу. При якості фото 400 dpi та вище похибка при обчисленні досить мізерна та нею можна знехтувати.

Таким чином, запропоновано програмний алгоритм, реалізований в програмному кодї. Він дозволяє в автоматизованому режимі, незалежно від суб'єктивних оцінок експерта, з підвищеною точністю визначати ряд важливих метричних характеристик полідисперсних матеріалів.

Даний програмний продукт практично без зміни можна застосувати для аналізу зображень будь-яких макрооб'єктів складної форми, виділених на знімках.

1. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. – М.: Мир, 1989. – 478 с.
2. Претт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2. – 480 с.
3. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
4. Лотиш В.В., Гуменюк Л.О. Комп'ютерне моделювання процесів пакування полідисперсних матеріалів. Луцьк, 2006. – 134 с.