

УДК 628.51

Ю.С. Зарубієва^{1,3}, Г.Н. Бе¹, С. Лі¹, М.О. Чо², Дж.К. Кім²,
Дж.Х. Кім¹, Г.С. Тимчик³

¹Корейський Інститут Науки та Технологій.

²Університет Кукмін.

³Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут».

ЗОБРАЖЕННЯ І ВИЯВЛЕННЯ ВОЛОКОН АЗБЕСТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОЇ КОНТРАСТНОЇ МІКРОСКОПІЇ

Нами розроблено новий метод візуалізації та підрахунку концентрації волокон азбесту. В даному дослідженні ми використали принцип Диференціальної Інтерференційної Контрастної (ДІК) мікроскопії для отримання зображень волокон. Як правило, наявність азбесту визначається за допомогою оптичних або електронних методів мікроскопії. Оптичні методи мікроскопії (Фазово-контрастна Мікроскопія та Мікроскопія в Поляризованому Світлі) швидкі та недорогі, але не можуть забезпечити повне спостереження через низьку роздільну здатність. На відміну від них, електронні методи мікроскопії (Трансмісійна Електронна Мікроскопія та Скануюча Електронна Мікроскопія) забезпечують високу якість зображення, проте коштують дуже дорого, і відповідно, є малодоступними. Ми пропонуємо метод ДІК мікроскопії для виявлення волокон азбесту, оскільки він має низьку перевагу над вже існуючими методами.

Вступ. Азбест має широкий діапазон застосувань завдяки своїм фізичним властивостям, таким як звукопоглинання, сила на розтяг та стійкість до

різноманітних умов середовища, включаючи вогне-, тепло-, електро- та хімічну стійкість [1]. Протевін може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям. Вплив азбесту на здоров'я людини є одним з предметів, що найбільш широко вивчаються в сучасній епідеміології [2-4]. Азбестоз – одна з типових хвороб, викликана постійним впливом азбесту. Важкість хвороби залежить від кількості азбесту, під впливом якого знаходилась людина, та часу цього впливу. Рак легень, викликаний вдиханням азбесту, зазвичай є результатом довгострокового впливу з високим рівнем концентрації, та часто пов'язаний з азбестозом. Інша поширена хвороба – мезотеліома, котра є рідкісною формою раку мезотелію [5].

Попередні дослідження показали, що патогенність азбесту, присутнього в повітрі, більше залежить від числа довгих тонких волокон, ніж від загальної концентрації азбесту. Найбільшу небезпеку представляють собою волокна від 5 до 100 мкм у довжину з діаметром менше ніж 2 мкм та співвідношенням довжини і товщини більш ніж 5:1.

Люди різноманітних професій, які проводять більшість їхнього часу в приміщеннях, можуть зазнати впливу азбесту. Це вчителі, студенти, офісні працівники, прибиральники або підсудні, що знаходяться на виправних роботах, які можуть увійти в контакт з будівельними матеріалами, що містять азбест, або з осілим пилом під час їхньої робочої діяльності, та будівельники, які можуть пошкодити матеріали протягом ремонту або установки обладнання [6].

На початку 1980-х років багато міжнародних організацій з захисту здоров'я, такі як: Світова Організація Здоров'я (WHO), Національний Інститут Професійного Здоров'я та Безпеки (NIOSH) та Агенція Захисту

Навколишнього Середовища (ЕРА) видали інструкції про обмеження концентрації азбесту на робочих місцях.

Згідно з Міжнародною Трудовою Організацією, термін «респірабельнеазбестове волокно» означає волокно з діаметром менше ніж 3 мкм та співвідношенням довжини до товщини більше ніж 3:1. Тільки волокна з довжиною більшою ніж 5 мкм повинні бути враховані для цілей вимірювання. У різних країнах межі допустимої концентрації змінюються від 0,1 до 2 волокна/см³ на 8 годин можливого впливу [7].

В даний час існує декілька методів для візуалізації азбесту. Для виявлення азбесту в повітрі найчастіше використовується Фазово-контрастна Мікроскопія (ФКМ); для виявлення азбесту у ґрунті - Мікроскопія в Поляризованому Світлі (МПС). Трансмісійна Електронна Мікроскопія (ТЕМ) та Скануюча Електронна Мікроскопія (СЕМ) можуть бути використані в обох випадках.

ФКМ є найбільш поширеним методом зображення азбестових волокон незважаючи на те, що має декілька недоліків. По-перше, ФКМ не може відрізнити азбест від інших частинок волоконної форми, наприклад, гіпсу, мінеральної вовни, скляного волокна, целюлози та інших. По-друге, оптика ФКМ створює ореоли навколо часток, які часто можна прийняти за волокна, що створює багато незручностей для спостерігача [8]. По-третє, низький контраст між волокнами і фоном призводить до того, що багато волокон є ледь помітними. МПС може відрізнити азбест від інших матеріалів, проте знімки, зроблені за допомогою цієї технології, не дають можливості визначити концентрацію волокон через невисоку роздільну здатність. ТЕМ і СЕМ методи мають дуже високу роздільну здатність (0,05 мкм для СЕМ та 0,0002 мкм для ТЕМ), але дорожкокоштують (\$50-300 для СЕМ і \$200-600 для ТЕМ на кожне вимірювання) і займають багато часу для отримати

зображення [9]. Крім того, вони не є широко доступними і вимагають спеціальних навичок оператора.

У цьому дослідженні ми використовуємо Диференціальну Інтерференційну Контрастну мікроскопію (ДІК) як недорогий та швидкий метод для виявлення азбесту. Для досягнення мети нашого дослідження ми розглянули 3 найбільш поширені типи азбесту.

Методи

1. Принцип ДІК мікроскопії

ДІК є оптичним методом, який використовується для збільшення контрастності в прозорих об'єктах. Він працює за принципом інтерферометрії, як показано на (рис 1.).

Промінь, вийшовши з джерела світла (а), проходить крізь поляризатор (б). Там він поляризується під кутом 45° і, пройшовши першу призму Волластона (в), розділяється на два пучки, поляризовані під кутом 90° один до одного. Ці пучки фокусуються конденсором (г) і проходять крізь об'єкт (д) паралельно, на дуже малій відстані один від одного - відстані зсуву. Зазвичай вона менше або рівна роздільній здатності об'єктиву. Коли два пучки проходять крізь об'єкт, вони відчувають різні довжини оптичного шляху та коефіцієнти заломлення, оскільки вони проходять крізь різні області. Після проходження через об'єкт, промені подорожують через об'єктив (е) і фокусуються на другу призму Волластона (ж), яка знову з'єднує два промені в один. Після цього аналізатор (з) поляризує промінь під кутом 135° . Тепер два промені можуть інтерферувати. Таким чином об'єкти, такі як азбестові волокна, можуть бути візуалізовані. Зображення передається через ССД камеру (і) на екран монітору комп'ютера.

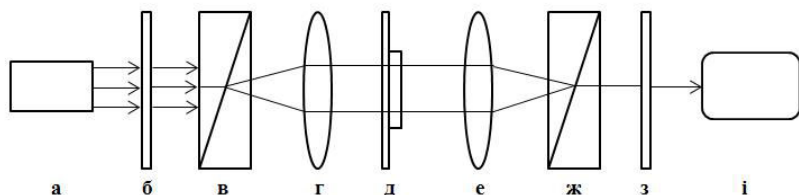


Рис. 1. Експериментальна установка ДІК мікроскопії.
 а) джерело світла, б) поляризатор, в) призма Волластона І, г) конденсор, д) об'єкт (зразок), е) об'єктив, ж) призма Волластона ІІ, з) аналізатор, і) лінійна ССD камера

2. Приготування зразків азбесту

Три стандартні зразки амоситу, крокидоліту та хризотилу були використані для нашого дослідження. Три грами кожного типу азбесту були змішані з одним літром дистильованої води і подрібнені в кульковому млині протягом 30 хв. Після цього отримані зразки були дисперговані ультразвуковою хвилею. Крапля поверхнево-активної речовини (Triton X-100, Sigma-Aldrich) була додана до кожного зразку для запобігання агрегації волокна. 20 мкл отриманої суміші були введені в щілину між предметним і покривним склом, після чого вона була запечатана лаком для нігтів. Це перешкодило потраплянню бульбашок повітря та інших небажаних частинок в досліджувану область.

Після цього зразки були досліджені методом ДІК мікроскопії.

3. Результати та обговорення

Ми проаналізували 3 різних типи азбесту методом Диференціальної Інтерференційної Контрастної мікроскопії. Цей метод забезпечує ряд переваг в порівнянні з іншими техніками. Зокрема, контраст між волокнами і фоном набагато краще зображеннях, отриманих методом ДІК, ніж на знімках, отриманих ФКМ методом. Крім того, на них немає ореолу навколо волокон, що збільшує чіткість

зображення. Таким чином, істотно знижується шанс сплутати інші частинки з волокнами азбесту.

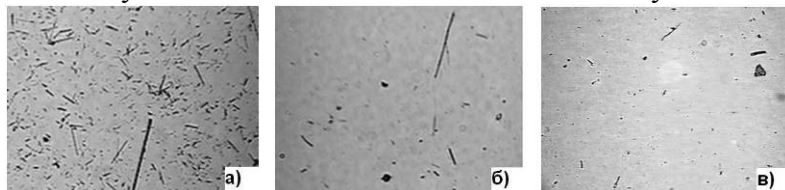


Рис. 2. Зображення азбесту, отримані методом ДІК мікроскопії. а) амосит; б) крокидоліт; в) хризотил

На (рис. 2) показані зображення амоситу (а), крокидоліту (б) та хризотилу (в), які є найбільш поширеними видами азбесту, що використовуються в даний час, отримані методом ДІК. Як правило, волокна хризотилу є довгими і злегка зігнутими, в той час, як амосит і крокидоліт мають прямі та короткі волокна.

Запропонований метод ДІК мікроскопії може виявляти азбестові волокна, а зображення, отримані цим методом, можуть використовуватися для підрахунку їх концентрації. Подальше поліпшення роздільної здатності зображення може бути досягнуто за рахунок використання об'єктивів з великим збільшенням. Теоретично, технологія ДІК може відрізнити азбестові волокна від інших матеріалів, оскільки вона використовує поляризоване світло, так само, як і методика МПС. Обертання досліджуваного об'єкту в поляризованому світлі викликає поліхром в азбестових волокнах, в той час, як волокна інших матеріалів не проявлять ніяких змін в зображенні.

Висновки. Ми запропонували метод Диференціальної Інтерференційної Контрастної мікроскопії для виявлення і підрахунку азбестових волокон у повітрі, як альтернативу до вже існуючих методів. Ми порівняли результати нашого дослідження з зображеннями

азбесту, отриманих іншими методами, і виявили, що запропонована методика має ряд переваг, таких як роздільна здатність (порівняно з методом МПС) та високий контраст між фоном та волокнами, що дозволяє швидко визначити наявність азбесту та його концентрацію. Також метод не створює додаткових артефактів, як у випадку з ФКМ. Дана технологія є швидкою та порівняно недорогою. Може бути корисною для виявлення азбесту безпосередньо на місці потенційної небезпеки.

Література:

1. Michaels, L; Chissick, S.S. Asbestos: properties, applications, and hazards –Chichester, J. Wiley, 1979–553 p.
2. Becklake M. R. Exposure to Asbestos and Human Disease–N Engl J Med 306, 1982–1480-1482 p.
3. Higginson J., Muir C.S., Muños N. Human cancer: epidemiology and environmental causes – Cambridge University Press, 1992– 577p.
4. Doll R., Peto J. Effects on health of exposure to asbestos – HSE books, 1985– 62 p.
5. Whitwell F., Scott J., Grimshaw M. Relationship between occupations and asbestosfiber content of the lungs in patients with pleural mesothelioma, lung cancer, and other diseases –Thorax 32, 1977 –377-386 p.
6. United States Environmental Protection Agency [Електронний ресурс] // Режимдоступу: <http://www.epa.gov/>
7. Virta R. L. Asbestos: Geology, Mineralogy, Mining and Uses – Department of the interior U.S. Geological survey, 2002– 28p.
8. Baron P. A. Measurement of Airborne Fibers: A Review – Industrial Health 39, 2001 – 39-50 p.
9. Cestone P., Kryczkowski R., OlmettiA., McKissick A., Hillis P. Asbestos air monitoring results at eleven family housing areas throughout the United States. Final report, 1991– 248 p.