



ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ ПРЕЦИЗІЙНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Бондаренко М.О., к.т.н., доцент, Бондаренко Ю.Ю., к.т.н., доцент
Черкаський державний технологічний університет

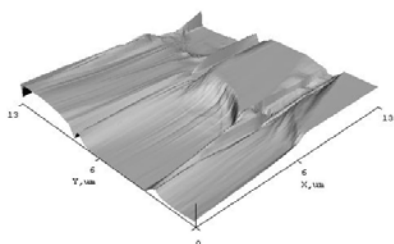
Сьогоднішні тенденції розвитку технологій виготовлення виробів прецизійного машинобудування, які знаходять широке застосування як для наукових досліджень, так і в технічних застосуваннях, спрямовані у бік мініатюризації таких пристроїв аж до нанометричних розмірів. При цьому основною вимогою до таких технологій залишається дотримання високої ефективності і надійності виробів, що виготовляються. Проте реалізація цього завдання неможлива без сучасних засобів і методів дослідження мікрогеометрії, стану поверхні та фізико-механічних характеристик матеріалів, з яких виготовлені ці вироби.

Як показав аналіз літературних та інформаційних джерел Інтернет [1-3], сьогодні не існує універсального неруйнівного методу дослідження стану поверхні та її фізико-механічних характеристик, який мав би високу точність вимірювання і контролю цих параметрів, і в той же час володів високою продуктивністю та оперативністю вимірювання.

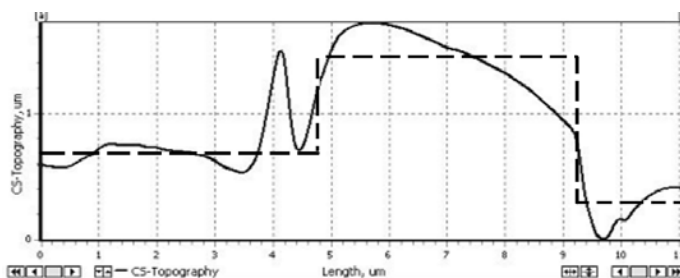
Серед існуючих методів дослідження поверхні найбільш перспективним вважається метод атомно-силової мікроскопії (АСМ), який не вимагає спеціальної підготовки досліджуваного зразка, при цьому метод є неруйнівним, має високу точність (до одиниць ангстрема) та чутливість дослідження (десятки наноньютонів). Не дивлячись на те, що основним призначенням атомно-силового мікроскопу є можливість дослідження нанопрофілю та топографії поверхні, даний метод також може використовуватися при дослідженнях різних фізико-механічних поверхневих характеристик на нанорівні.

Тому дослідження стану та поверхневих фізико-механічних характеристик поверхонь виробів прецизійного машинобудування із застосуванням методу атомно-силової мікроскопії є актуальним.

Дослідження топології поверхні. Дослідження наноггеометрії поверхні - найбільш затребуваний метод АСМ. Разом з високою роздільною здатністю дозволяє відобразити мікрорельєф поверхні з точністю по висоті близько 0,1-0,2 нм, рис.1. Проте серед обмежень методу АСМ в дослідженні топології поверхні слід зазначити високу чутливість методу до змін фізичних параметрів досліджуваного зразка: його хімічного складу, твердості, адгезії, що затрудняє отримання та інтерпретацію даних топографії для ряду матеріалів. Ще одна проблема, яка обмежує використання цього методу – низька повторюваність вимірювань в результаті швидкої зношеності зонду. Також слід звернути увагу на таку, невирішену досі проблему, як неточність і "тремор" зображення поверхні при скануванні ділянок менше 1 нм, що пов'язано з температурним дрейфом, мікровібрацією доквілля і механічною інерцією самої системи.



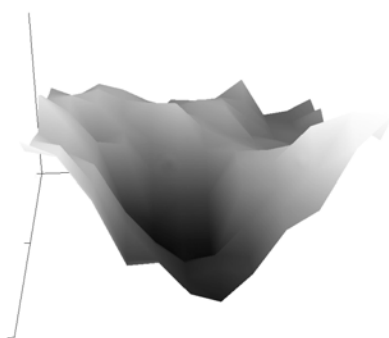
а.



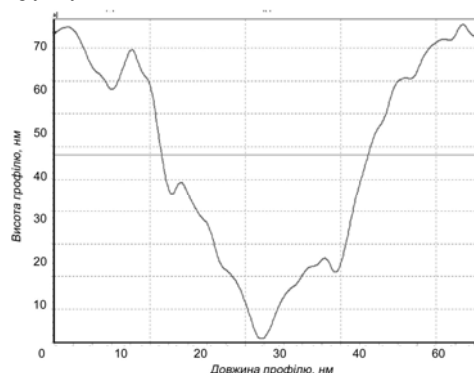
б.

Рис. 1. Тривимірне АСМ-зображення (а) та профілограма поверхні (б) механічних наноконтактів із золота, сформованих на поверхні струмоз'ємного пристрою мікрогіроскопу. Штрих-лінією позначено реальний профіль поверхні

Дослідження фізико-механічних характеристик поверхонь. Серед методик проведення механічних вимірювань слід виділити метод наноіdentування, як такий, що з досить високою точністю дозволяє отримувати інформацію про мікротвердість окремих нанометричних ділянок досліджуваної поверхні. Наноіdentування проводиться шляхом аналізу механічного відгуку поверхні зразка на втискування наноіdentора АСМ, рис. 2.



а.



б.

Рис. 2. Зовнішній вигляд ділянки поверхні керамічного корпусу мікрогіроскопу з відбитком наноіdentора, отриманим методом АСМ (а) та профіль відбитка АСМ-наноіdentора (б)

Наноіdentування діелектричної поверхні з метою визначення її нанотвердості – часто вживаний метод дослідження фізико-механічних властивостей поверхонь матеріалів, що проводиться з використанням АСМ. За допомогою цього методу можна визначити не лише нанотвердість поверхні, але й модуль її пружності, при цьому похибка визначення цих параметрів не перевищує 10%, що є досить високим значенням при визначенні модуля Юнга.

Визначення зносостійкості методом АСМ полягає у дряпанні зразка наноіdentором з подальшим скануванням зони деформації (похибка визначення точності становить 15-18%). В результаті такого дослідження сканується місце проведення трибологічної лінії, внаслідок чого визначається об'єм вдавненого матеріалу та об'єм матеріалу, зміщеного в навали деформації по межах лінії, рис.3.

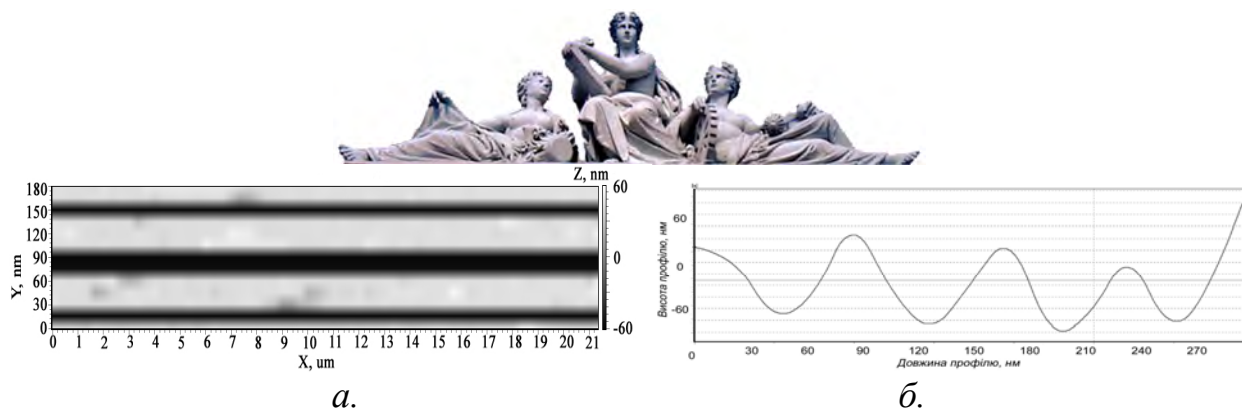


Рис. 3. АСМ-зображення (а) та топограма (б) результату склерометрії поверхні мікрогіроскопу з тонким покриттям золота (товщина 50 нм)

Використання цих методик у дослідженні фізико-механічних характеристик поверхонь відкриває нові перспективи при дослідженні розподілу сил тертя між двома поверхнями, що взаємодіють, в різноманітних мікромеханічних пристроях і системах. Обмеження методу АСМ при механічних вимірюваннях поверхні пов'язані з труднощами при розшифровці отримуваної в експериментах інформації, необхідністю вибору і побудови математичної моделі механічної взаємодії, а також з необхідністю використання спеціальних зондів.

Таким чином, в результаті проведеного аналізу були розглянуті основні напрямки досліджень топограми та фізико-механічних характеристик поверхонь виробів прецизійного машинобудування, що проводяться за допомогою методу атомно-силової мікроскопії, та встановлені обмеження і недоліки у використанні цього методу при дослідженні окремих властивостей поверхонь виробів.

Перспективу розвитку інструментальних методів у машинобудуванні автори вбачають у використанні засобів АСМ при реалізації інструментів нанодриль і нановеретено, що дозволяють створювати в поверхнях виробів прецизійного машинобудування мікро- і наноотвори при формуванні структурних утворень, проведенні механоактивації поверхневих шарів наносвердлінням.

Подальший розвиток методу АСМ в прецизійному машинобудуванні може бути реалізований також у ряді методик та пристроїв на базі устаткування для атомно-силової мікроскопії, наприклад: при визначенні просторової структури речовини, що дозволить не лише відновити хімічний склад речовини, але й її просторову орієнтацію, а також при створенні струминного нанопринтера, що дозволить створювати високоточні наноструктури та механізми на їх основі.

Література:

1. Суслов А.А. Сканирующая зондовая микроскопия / А.А.Суслов, С.А.Чижик // *Материалы, технологии, инструменты*, 1997, № 3. - С. 78.
2. Чижик С.А. Глаза и руки нанотехнологий / С.А.Чижик, А.П.Свириденко, А.А.Суслов // *Наука и инновации*. - 2009. — № 3. - С. 53-55.
3. *Методи та засоби мікроскопії [Текст]: моногр.* / В.С.Антонюк, Г.С.Тимчик, Ю.Ю.Бондаренко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 336 с.