

УДК 004.052(042.3)

**В.М. Ільченко, к.т.н.**  
**О.В. Кочеткова, к.т.н.**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КРИВИХ ВІДБИТТЯ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЯ ВІД МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЮ ЛАЗЕРНОЮ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ**

Національний авіаційний університет

*У статті розглянуто питання щодо безконтактних методів контролю поверхонь деталей комп'ютеризованою лазерною інформаційно-вимірювальною системою. Проведено дослідження кривих відбиття лазерного променя від металевих поверхонь.*

**Ключові слова:** комп'ютеризована лазерна інформаційно-вимірювальна система, контроль деталей, шорсткість поверхні.

### **Вступ**

Для успішного розв'язання задач обробки інформації у різних сферах науки та техніки необхідно мати точну кількісну інформацію про геометричні розміри, форму та просторове розташування різноманітних об'єктів. До таких задач можна віднести контроль поверхонь деталей у технологічних процесах галузі машинобудування.

В наш час зростає потреба у створенні нових лазерних комп'ютеризованих систем, які забезпечують контроль поверхонь деталей. Одним із напрямів застосування комп'ютеризованої лазерної інформаційно-вимірювальної системи є дослідження кривих відбиття лазерного променя від металевих поверхонь та вимірювання їх шорсткості.

### **Аналіз досліджень і публікацій**

Питанням створення лазерних комп'ютеризованих систем, які забезпечують контроль поверхонь деталей останнім часом приділяється велика увага [1, 2, 4, 5].

### **Постановка завдання**

Дослідження кривих відбиття лазерного променя від металевих поверхонь. Виявлення закономірностей та особливостей при контролі металевих поверхонь методом сканування їх лазерним променем. Вимірювання шорсткості металевих поверхонь за допомогою комп'ютеризованої лазерної інформаційно-вимірювальної системи.

### **Розв'язання проблеми**

Проведений контроль металевих поверхонь скануванням лазерним променем показав високу чутливість до наявності шорсткості та дефектів при інструментальному аналізі деталей у процесі їх виготовлення. У [2] показано, що характер відбиття лазерного променя від металевих поверхонь досить складний. Зокрема, при наявності регулярних смуг або борозенок відображення формується у вигляді довгої лінії. В залежності від розташування регулярних борозенок шорсткості, що з'являються при обробці різанням, або дефектів у вигляді подряпин відносно площини падіння променя лінія відбиття може бути прямою, або якоюсь більш складною кривою.

На рис.1. приведена крива відбиття лазерного променя від шліфованої поверхні зразку нержавіючої сталі 12Х18Н10Т з шорсткістю 0,1 мкм.

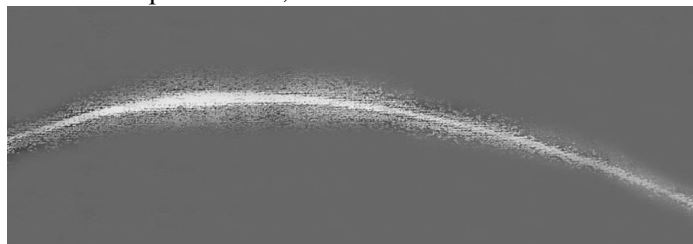


Рис.1. Крива відбиття від контрольованої поверхні з шорсткістю 0,1 мкм

При цьому відбиття направлялося на спеціальний екран із сірої тканини та фіксувалося цифровою телекамерою, з'єднаною з комп'ютером. При проведенні досліджень застосовувався

гелій-неоновий лазер ГН-10М з потужністю світлового випромінювання 10 мВт та довжиною хвилі 632 нм. У даному випадку зображення отримане при куті падіння  $45^\circ$  та при розташуванні борозенок мікронерівностей паралельно площині падіння променя лазера.

При проведенні досліджень криволінійних поверхонь була використана високошвидкісна лазерна вимірювальна система LMS-100 з урахуванням ефектів відбиття лазерного променя від металевих та інших поверхонь.

Програмне вікно комп'ютеризованої лазерної інформаційно-вимірювальної системи (КЛІВС) контролю шорсткості поверхні деталі представлено на рис.2.

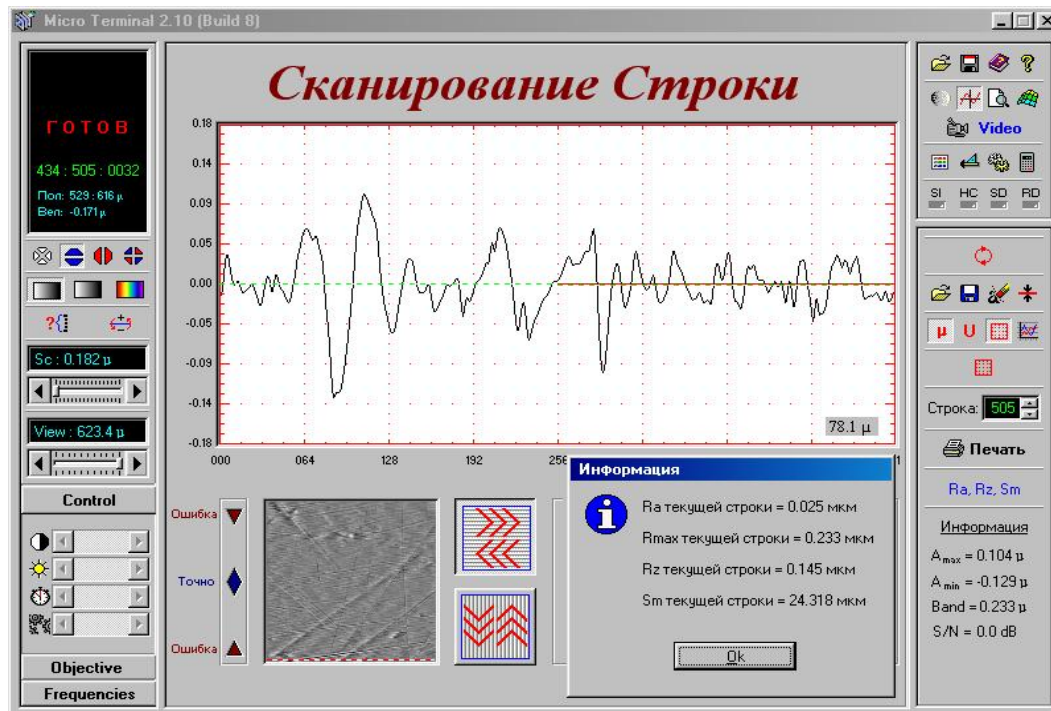


Рис. 2. Програмне вікно КЛІВС контролю шорсткості поверхні деталі методом сканування

Розгортання відбиття у вигляді лінії пояснюється тим, що шорсткість поверхні при обробці різанням утворює більш-менш регулярні елементарні площини відбиття в перетині, перпендикулярному напрямку регулярних борозенок. В свою чергу, при розташуванні борозенок строго перпендикулярно площині падіння променя лазера елементарні ділянки відбиття розсіюють випромінювання по прямій лінії, що фіксується експериментально.

Якщо розташувати борозенки паралельно площині падіння променя, то при куті падіння  $45^\circ$  форма відбитої кривої змінюється і приймає вигляд псевдопараболи.

Основне припущення при аналізі описаного ефекту полягає в наступному. Безліч ділянок відображення в перетині, перпендикулярному напрямку борозенок, нахилені до площини падіння променя під різними кутами. Якщо подібна ділянка не лежить у площині прямого дзеркального відбиття, тобто в даному випадку строго вертикально, то вона відбиває промінь додатково ще під деяким кутом. Це призводить до того, що і кут падіння зростає в залежності від додаткового кута відбиття, що в свою чергу приводить до відхилення лазерного променя в двох площинах і до зміни форми відбитої кривої від прямолінійної.

Графіки кривих відбиття приведені на рис. 3,а. З графіків слідує, що з ростом кута падіння  $\alpha$  гілки кривої відбиття наближаються і при  $\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$  вироджуються в пряму лінію, а при проекції на площину, перпендикулярну напрямку променя та розташовану за ділянкою відбиття, сходяться в точку.

На рис. 3, а приведені та експериментально отримані серединні лінії кривих відбиття для тих же кутів, зафіксовані з використанням цифрової телекамери. Зафіксовані телекамерою криві відбиття виводяться на монітор комп'ютера, після чого визначаються координати точок кривих відбиття та будується відповідний графік даної кривої в прийнятій системі координат з

роздруківкою на принтері.

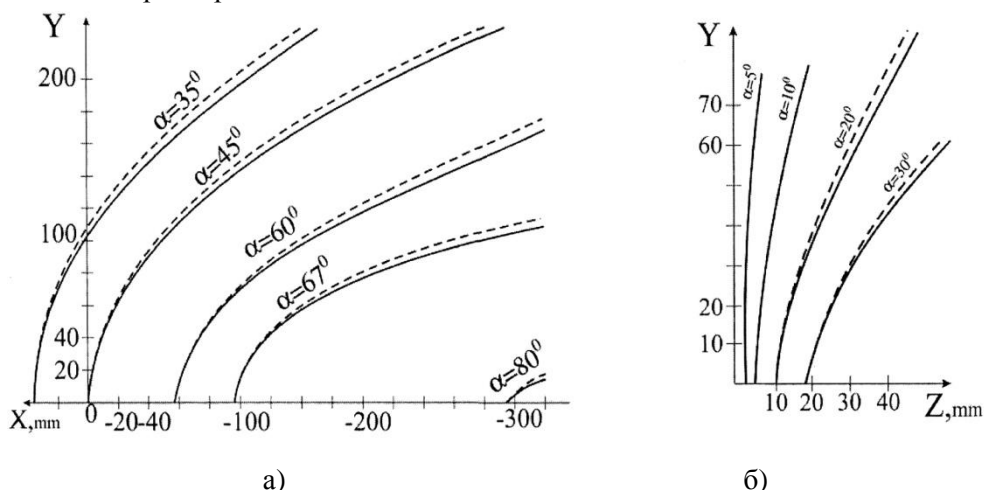


Рис. 3. Графіки серединних ліній відбиття: а – відбиття на площину, паралельну променю лазера; б – відбиття на площину, перпендикулярну променю лазера; криві: —теоретичні, ----експериментальні

Очевидно, що збіг розрахункових та експериментальних даних цілком задовільний. Насправді, криві відбиття внаслідок розсіювання в третій координатній площині мають досить велику товщину, тому на графіках приведені їхні серединні лінії. Зменшення шорсткості супроводжується зменшенням товщини кривих відбиття та збільшенням їхньої яскравості.

### Висновки

Даний метод показав дуже високу чутливість до наявності борозенок та до величини шорсткості по параметру  $R_a = 0,04$  мкм і менше. Якщо поверхня оброблялася в декількох напрямках, то і попередні борозенки і дрібні подряпини, як правило, чітко виявляються відповідно до отриманих залежностей.

Розраховані форми кривих відбиття для площини, перпендикулярній вісі променя лазера, наведені на рис. 3, б.

Аналіз показує, що при  $\alpha \rightarrow 0$  криві відбиття вироджуються у пряму вертикальну лінію, що цілком відповідає експерименту. При цьому кут розмаху прямої, виміряний від точки падіння променя лазера на металеву поверхню, дуже значний і може досягати для деяких методів обробки  $170^\circ$ .

Криві відбиття лазерного випромінювання в оптичній частині спектра електромагнітного випромінювання використовуються як для контролю якості металевих поверхонь з фіксацією комп'ютером вимірювальної інформації про різні темні та світлі дефекти, так і для надзвичайно швидкого вимірювання шорсткості.

Отримані в даних дослідженнях криві відбиття можуть при необхідності використовуватися при конструюванні пристроїв розгортання лазерного випромінювання по одній або двом координатам без використання рухомих елементів.

### Список літературних джерел

1. Гребенчиков О.А. Трехлучевой лазерный сканер с компьютерным управлением / О.А. Гребенчиков [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 4. – С. 160.
2. Скворцов А.В. Исследование кривых отражения лазерного луча от металлических поверхностей с регулярным направлением шероховатости / А.В. Скворцов, А.Н. Волобуев, А.А. Скворцов // Изв. вузов. Серия «Машиностроение». – 2004. – № 4. – С. 53–57.
3. Торопцев А.С. Оптика шероховатой поверхности / Торопцев А.С. – Л.: Машиностроение, 1988.
4. Методы компьютерной оптики / Под ред. В.А. Соифера. – М.: Физматлит, 2000.
5. Лотопов М.А. и др. Угол отражения световых волн от движущихся поверхностей // Измерительная техника. – 2005. – №5 – С. 40–45.