

**ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ПОВЕРХНІ КОНТАКТУ ТА ЇЇ ХАРАКТЕРИСТИК**

*Розроблена методика формування поверхні контакту на основі концепції випадкового розміщення мікроелементів, а також система показників, які характеризують контакт.*

*The method of surfaces contact forming on the basis conception of the microelements casual placing, and also system of indexes characterizing the contact, is developed*

Ключові слова: поверхня, модель, контакт, характеристики контакту.

**Вступ та постановка задачі**

Основні базові положення відображення поверхонь, які складають фретинг-контакт, на основі мікроелементів у вигляді еліптичних параболоїдів, викладені в [1-3]. Прийнятність моделі саме на основі мікроелементів у вигляді еліптичних параболоїдів як поверхонь узагальнюючого класу (широка гама поверхонь, за допомогою яких можливий опис мікроелементів, може розглядатись як окремий випадок еліптичних параболоїдів [3]) демонструється на рис. 1 (матеріал підготовлено на апараті тривимірного дослідження поверхонь методом лазерного сканування Talyscan фірми «Rang Taylor Hobson». На цьому фрагменті реальної поверхні чітко відслідковується структура сукупності мікроелементів (МЕ), які з достатньою адекватністю можуть відобразитись як параболоїди. Таким чином, логічною наступною фазою досліджень постає група питань стосовно порядку формування моделі поверхні, котра складається з великої кількості мікроелементів, та винайдення характеристик, які б комплексно оцінювали процес контакту, в тому числі при фретингові.

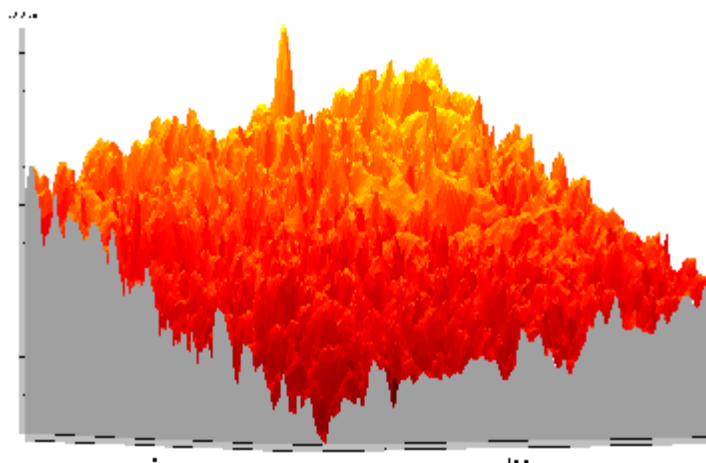


Рис. 1 Загальний вигляд поля поверхні розміром 1x1 мм

**Аналіз стану задачі.** Раніше [2] сформульовані основи методики зняття параметрів, котрі об'єктивно характеризували б поверхню з точки зору її шорсткості, та способу обробки результатів подібних експериментальних досліджень. Отримані характеристики мікропрофілю поверхні використовувались як реальна основа для математичного опису конфігурації профілю траси ідентифікації шляхом розкладання її в ряд виду

$$F(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^K (a_k \sin(kx) + b_k \cos(kx)), \quad (1)$$

де  $a_0$  – параметр середнього значення реалізації,

$a_k, b_k$  – коефіцієнти ряду,

$K$  – кількість характерних точок реалізації.

Параметри та коефіцієнти ряду визначаються:

$$a_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} y_i, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість експериментальних даних,

$y_i$  – експериментальні значення даних висоти характерних точок реалізації;

$$a_k = \frac{2}{n} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} y_i \cdot \cos(k \cdot x_i) \quad (3)$$

де  $x_i$  – положення характерної точки реалізації в напрямку траси ідентифікації;

$$b_k = \frac{2}{n} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} y_i \cdot \sin(k \cdot x_i). \quad (4)$$

Практична реалізація наведеного вище апарату (формули 1-4) проводиться наступним чином. Методом тіньового перетину [2, 3] встановлюється реальний профіль поверхні вздовж траси ідентифікації. Цей профіль як зображення в інструментальному мікроскопі сканується та масштабується з метою визначення дійсних розмірів мікроелементів профілю. Після перенесення профілю у векторизатор він конвертується в табличну форму, яка є основою для подальшої обробки графіків профілю з метою отримання аналітичної моделі в принципі безкінечної реалізації, котра в подальшому використовується для статистичного аналізу величин розмірних характеристик мікроелементів та їх орієнтації на поверхні.

Тотожність відображення реалізації розробленим методом демонструється рис. 2, на якому порівняні результати вимірювання параметрів реальних трас ідентифікації з їх аналітичною моделлю, отриманою на основі рівняння (1). Для зручності порівнювання графіки (верхній – аналітична модель, нижній – реальна траса) штучно зміщені у вертикальному напрямку один відносно другого. Як за фазою, так і за амплітудою обидві залежності практично адекватні, що призводить до висновку щодо прийнятності розробленого методу.

Безпосередньо вигляд та розміри мікроелементів, з яких на основі концепції еліптичних параболоїдів сформована поверхня, визначаються згідно з [3]. Проте спосіб трасування по поверхні потребує окремої уваги. Очевидно, що для подальших досліджень варто зупинитись на частині поверхні кінцевих розмірів – полі. Можливо, ці розміри для зручності визначення номінального тиску чи характеристик, застосування яких в подальшому пов'язане з використанням номінальної площі контакту, повинні формувати площу поля, рівну одиниці, хоча дотримання цієї тези не має принципового значення. Друга теза, якій бажано слідувати при формуванні поля полягає в тому, що послідовність ходів по ньому при прокладанні трас за можливістю повинна сприяти випадковому характеру розташування мікроелементів. Деякі з варіантів послідовності формування моделі поверхні показані на рис. 3.

Як зазначалось вище, форма поля відповідає квадратові з одиничною площею. В основі запропонованих варіантів, перелік яких, звичайно, в принципі не обмежується наведеними на рис. 3, покладено тезу щодо випадковості появи в точці поля з певними координатами фрагмента поверхні цілком випадкових розмірів та орієнтації. На фрагментах а-д рис. 3 на трасі ідентифікації накладено поздовжній розріз профілю аналітичної моделі реалізації, що сприятиме наочності викладення принципів формування поля поверхні. Ці принципи зводяться до наступного. На фрагменті рис. 3 а), який умовно названо дендритною структурою, перша траса ідентифікації прокладається як початковий відрізок аналітичної моделі. Від середини першого виступу перпендикулярно першій трасі ідентифікації прокладається друга, на яку накладається наступна частина аналітичної моделі ідентифікації і т. д. Характерною особливістю дендритної структури в порівнянні її з фрагментом рис. 3 б) є те, що кожного разу напрямком траси ідентифікації прокладається при зміні знаку кута повороту – за годинниковою стрілкою – проти годинникової стрілки. При реалізації методу згідно з фрагментом рис. 3 б), який умовно названо завитком, напрямком повороту траси ідентифікації – постійний: за годинниковою чи проти годинникової стрілки.

Рамочна структура (рис. 3 в) формується так. З однієї сторони поля на відстані від краю, яка відповідає розмірам основи першого виступу початкової ділянки аналітичної моделі, прокладається перша траса ідентифікації та на ній перший відрізок реалізації. Аналогічно розміри першого виступу наступної ділянки реалізації використовуються для прокладання її траси, але з протилежного краю поля. Від першого виступу першої реалізації перпендикулярно першій трасі ідентифікації між першою та другою реалізаціями прокладається третя траса, а від першого виступу другої реалізації, який знаходиться по діагоналі від першого виступу першої реалізації, аналогічно прокладається четверта траса ідентифікації. На третій та четвертій трасах прокладаються послідовно наступні ділянки аналітичної моделі і т. д. Діагональна структура (рис. 3 г) формується відносно першої траси ідентифікації, котра проводиться по діагоналі поля. Від кожного виступу чи впадини на першій ділянці реалізації (залежно від того на чому закінчилась попередня ділянка реалізації) вправо та вліво відкладаються наступні ділянки аналітичної моделі реалізації. Основою для формування поверхні поля за методом на рис. 3 д) є траса ідентифікації у вигляді спіралі (цей варіант названо спіральним), на якій безперервно укладається аналітична модель. Аналітично цей метод – найпростіший. З точки зору реалізації тези щодо випадковості появи того чи іншого мікроелемента поверхні в певній точці поля варіанти а) – д) приблизно рівноцінні. Найбільше згаданій тезі відповідав би метод, показаний на рис. 3 е). В цьому випадку реалізується механізм абсолютного випадкового формування розмірів, положення та орієнтації мікроелементів за допомогою генератора випадкових чисел, які

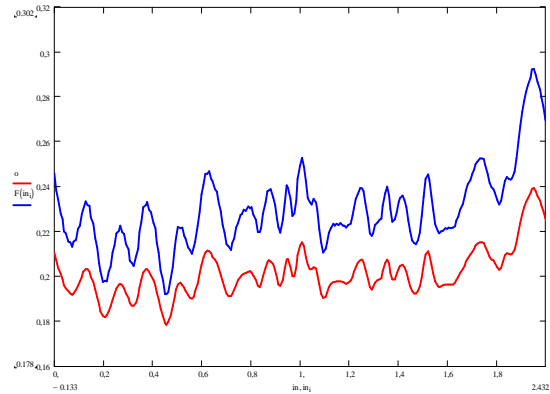


Рис. 2. Реальний профіль траси ідентифікації (нижній) та його аналітична модель (верхній)

вибираються в межах між максимальним та мінімальним значеннями відносної ширини мікроелементів [3].

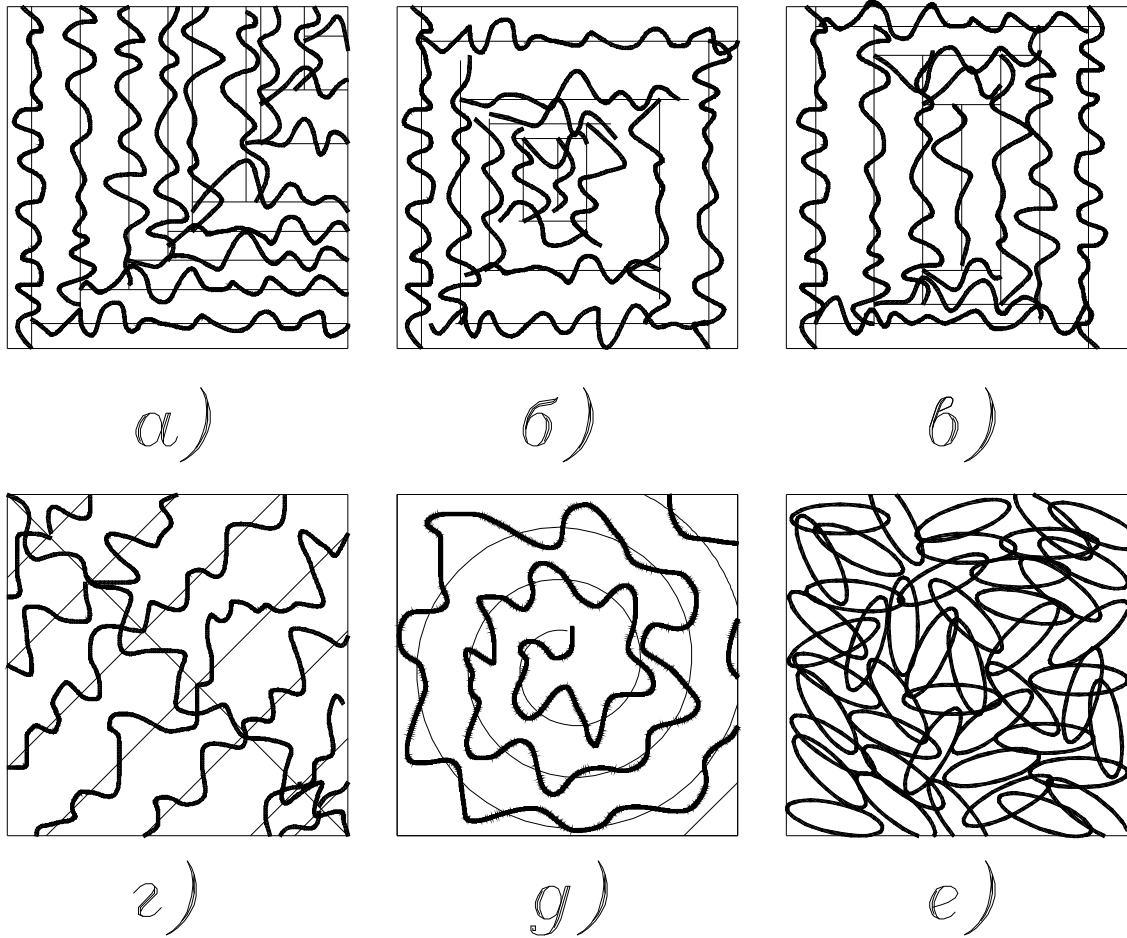


Рис. 3. Деякі методи формування моделі поверхні

Для подальшого розгляду моделі поверхні проведено статистичний аналіз розподілу головних параметрів, які можуть характеризувати поверхні різних видів на основі моделі еліптичних параболоїдів. До таких величин віднесені висоти мікроелементів аналітичної моделі, яка, як зазначалось вище, повністю відповідає реальному профілю, їх ширина та крок. На основі означених характеристик можливе визначення всіх інших параметрів, котрі дозволять на основі ймовірнісних підходів розробити модель контакту та жорсткості мікроелементів і поля в цілому. Рис. 4 демонструє розподіл висот мікроелементів, рис. 5 – їх ширини, а рис. 6 – кроку мікроелементів.

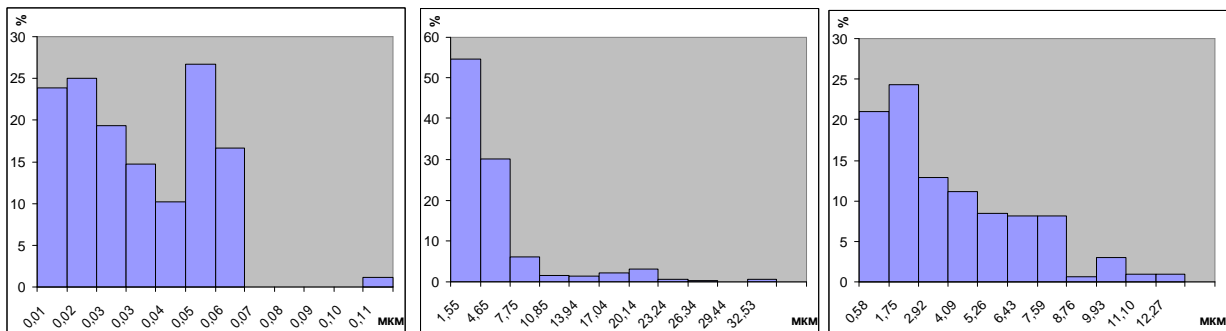


Рис. 4. Гістограма розподілу висот виступів профілю на шляху ідентифікації (а – зразок після електроіскрового легування, б, в – зразок після лазерної обробки потужністю 10 Вт та 15 Вт відповідно)

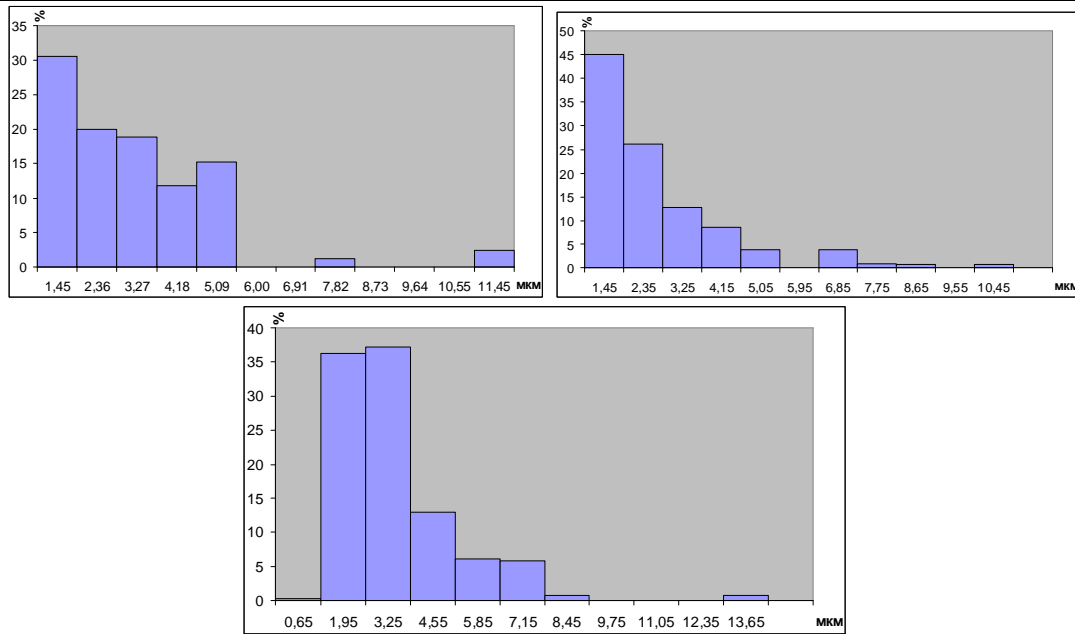


Рис. 5. Гістограма розподілу ширини виступів профілю на шляху ідентифікації (а – зразок після електроіскрового легування, б, в – зразок після лазерної обробки потужністю 10 Вт та 15 Вт відповідно)

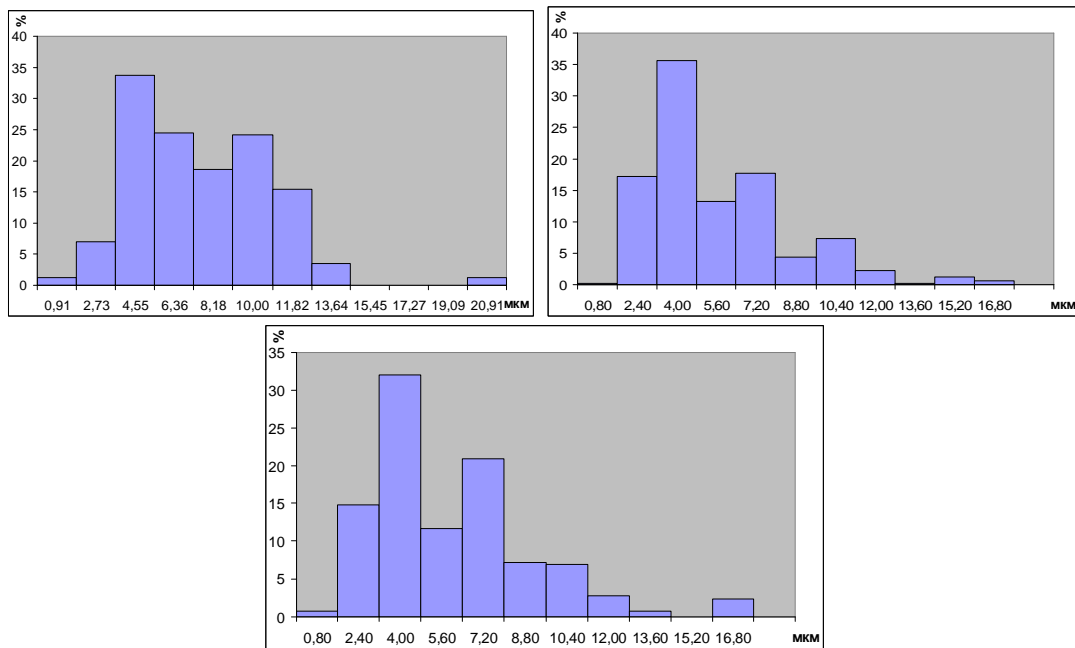


Рис. 6. Гістограма розподілення кроку виступів профілю на шляху ідентифікації (а – зразок після електроіскрового легування, б, в – зразок після лазерної обробки потужністю 10Вт та 15Вт відповідно)

В подальшому гістограми підлягають аналітичній обробці з метою визначення типу залежності, яка в подальшому буде використовуватись для обґрунтування ймовірнісної моделі характеристик міцності та жорсткості при фретинг-контакті.

**Висновок.** Запропонована методика формування поверхні контакту на основі концепції випадкового розміщення мікроелементів, а також система показників, які характеризують контакт, відкриває можливість обґрунтування параметрів фретинг-контакту з позицій ймовірнісних підходів.

### Література

1. Пастух І. М., Курської В. С. Класифікація та аналіз з'єднань деталей машин з позицій фретингостійкості // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 5. – С. 20-23.
2. Пастух І. М., Курської В. С. Методика ідентифікації поверхонь фретинг-контакту // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 1. – С. 47-50.
3. Пастух І. М., Курської В. С. Модель контакту мікроелементів поверхонь // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 2. – С. 23-30.

Надійшла 11.5.2010 р.