

УДК 515.2

Т.А.Яцишина, П.П.Савчук

Луцький інститут розвитку людини Університету "Україна"

Луцький національний технічний університет

АПРОКСИМАЦІЯ НЕУПОРЯДКОВАНИХ ТОЧКОВИХ МНОЖИН ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МІКРОГЕОМЕТРІЇ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ПІД СКЛЕЮВАННЯ

У роботі запропоновано досліджувати та формувати мікрогеометрію поверхонь деталей під склеювання за допомогою статико-геометричного методу без процедури складання та розв'язання систем лінійних рівнянь рівноваги.

Постановка проблеми. Математичне моделювання процесу формування параметрів стану поверхні покращує прогнозування та управління процесом формування якості поверхні, надає можливість формування поверхні з наперед заданими параметрами якості, забезпечує значну економію коштів та часу за рахунок обмеження кількості експериментальних досліджень. Так, дослідження та зміна параметрів мікрорельєфу поверхонь деталей дозволить з достатньою достовірністю передбачити поведінку цих поверхонь в процесі обробки та експлуатації деталей, в тому числі й при їх склеюванні.

В роботах [1,2], присвячених дослідженням поверхонь деталей на мікрорівні, використовується теорія фракталів. На наш погляд, розглядаючи мікроповерхню деталей як неупорядковані точкові множини, ефективним є застосування методів дискретного моделювання, зокрема статико-геометричного методу. Суттєвим недоліком застосування відомого методу є необхідність складання та розв'язання громіздких систем лінійних рівнянь рівноваги вузлів.

Відтак, у практиці дискретного моделювання поверхонь деталей з наперед заданими геометричними параметрами актуальним є завдання побудови дискретних моделей зрівноважених сіток саме статико-геометричним методом, у якому відсутня процедура постійного складання та розв'язання системи лінійних скінченно-різницевих рівнянь.

Аналіз останніх досліджень. Ідея та постановка задачі побудови дискретної моделі кривої лінії статико-геометричним методом без обов'язкового процесу складання та розв'язання рівнянь рівноваги вузлів вперше була запропонована у роботі [4], виконаній під керівництвом проф. С.М. Ковальова. Однак, в запропонованій формулі для визначення координат дискретно представлені кривої, яка формується під дією довільного зовнішнього навантаження, допущені неточності, які недопустимі для реалізації цієї формули в програмному забезпеченні. Також, дана формула дозволяє формувати лише моделі відомих кривих ліній.

В роботі [3] був запропонований метод визначення координат вузлів дискретних моделей криволінійних поверхонь, сформованих статико-геометричним методом, без процедури складання та розв'язання систем лінійних рівнянь рівноваги на основі відомого методу Гауса для розв'язання систем рівнянь. За запропонованою методикою можна проводити аналогічні дослідження для формування дискретних як упорядкованих, так і неупорядкованих точкових множин.

Формування цілей статті. Розробити алгоритм формування дискретних як упорядкованих, так і неупорядкованих точкових множин статико-геометричним методом, без процедури складання та розв'язання систем лінійних рівнянь рівноваги.

Основна частина. Серед проблем сучасного матеріалознавства актуальним є питання про отримання міцних клейових з'єднань. Найважливіша характеристика клейових систем – адгезійна міцність, яка характеризує питоме зусилля по руйнуванню адгезійного контакту та використовується для оцінки властивостей клеючих речовин. Адгезійна міцність залежить від багатьох факторів, зокрема від енергії зв'язку, що забезпечує адгезію, сумарної площі контакту, що визначається рельєфом поверхні, міжфазної поверхневої енергії, змочування та інших поверхневих явищ, а також від умов формування контакту (тиску, температури, тривалості тощо). Але не менш важливими для міцності клейових систем, проте недослідженими є геометричні властивості мікрорельєфу поверхонь деталей під склеювання. Одним із основних факторів, які різко зменшують адгезію є те, що величина площі фактичного контакту менша за геометричну площу контакту поверхонь деталей. Тому важливою геометричною задачею є необхідність збільшити площу контакту двох поверхонь при склеюванні.

В роботі [5] визначення та дослідження основних геометричних параметрів мікрорельєфу поверхонь деталей під склеювання проводили на основі профілограм поверхонь зразків деталей, зроблених в зоні контакту ділянки однакової довжини двох поверхонь (рис.1).

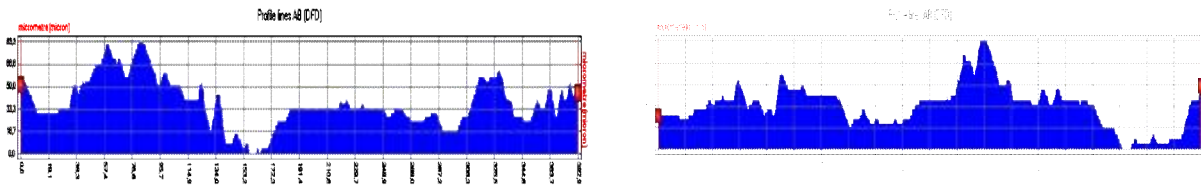


Рис.3 Профілограми поверхонь зразків деталей, зроблені в зоні контакту ділянки однакової довжини двох поверхонь.

Графічні зображення кривих ліній, які не описуються неперервними чи дискретними функціями, апроксимували ламаними з вершинами, що відповідають висоті та глибині найбільших виступів та западин профілю відповідно (рис2).

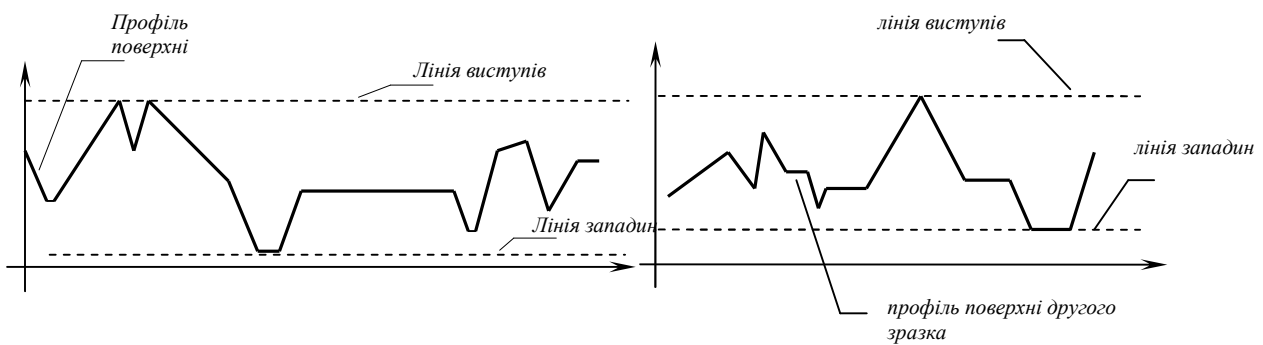


Рис. 2. Схеми профілограм поверхонь зразків, апроксимовані ламаними

Для збільшення довжини лінії фактичного контакту було запропоновано критерій зрізу вершин ламаних (рис.3).

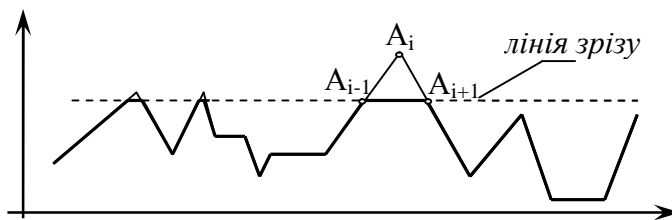


Рис.3 Зріз "пікових" вершин на заданій висоті

З точки зору матеріалознавців, довжина лінії контакту збільшується шляхом виключення зон концентрованого напруження, де виникає ймовірність тріщин (руйнування) деталей, тобто зрізу "пікових" виступів на певній висоті для збільшення кількості зв'язків. Цього можна досягти, з точки зору геометрії, шляхом перерахунку точок неупорядкованих множин відповідно тих параметрів, які удосконалюють поставлену задачу.

Згідно статико-геометричного підходу, слід записати систему скінчено-різницевих рівнянь рівноваги вузлів (вершини та впадини ламаних апроксимованих кривих профілю) на основі обчислювального шаблону $\textcircled{1} - \textcircled{-2} - \textcircled{1}$. Скориставшись ідеєю, на якій базується відомий метод Гауса для розв'язання систем лінійних рівнянь, та знайшовши коефіцієнти, на які необхідно домножити систему, щоб в результаті додавання всіх рівнянь системи можна було б отримати рівняння з одним невідомим, можемо записати формулу для знаходження ординати будь-якого вузла:

$$y_s = \frac{\left(\frac{y_0}{s} + \frac{y_n}{n-s} + \sum_{i=1}^{s-1} \frac{iP_i}{s} + \sum_{i=s+1}^{n-1} \frac{(n-i)P_i}{n-s}\right)s(n-s)}{n} \quad (1)$$

де:

- n – кількість зв'язків формованої кривої;
- s – номер шуканого вузла;
- i – номер вузла;
- P_i – формоутворююче навантаження у вузлі y_i .

При відомих координатах вершин та впадин ламаних апроксимованих кривих профілю, за формулою (1) знаходимо формоутворююче навантаження, яке в нашому випадку є базовим для утворення нової неупорядкованої множини точок. Після зрізу вершини A_i , формоутворююче навантаження у вузлах A_{i-1} та A_{i+1} знаходиться за формулами:

$$Px_{i-1} = \frac{k_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} + \frac{2k_i}{y_{i-1} - y_i - P_{i-1}} - 1; \quad Py_{i-1} = k_{i-1} \quad (2)$$

$$Px_{i+1} = \frac{k_{i+1}}{y_{i+1} - y_i} + \frac{2k_{i+1}}{y_i - y_{i+1} - P_i} - 1; \quad Py_{i+1} = k_{i+1} \quad (3)$$

де y_{i-1} , y_i , y_{i+1} – координати трьох послідовних впадин та вершин, P_{i-1} , P_i – формоутворююче навантаження у вузлах y_{i-1} , y_i , $k_{i-1} = y_{zr} - y_{i-1}$, $k_{i+1} = y_{zr} - y_{i+1}$, y_{zr} – висота зрізу.

Підставивши почергово знайдені за формулами (2),(3) значення формоутворюючого навантаження у формулу (1), отримаємо набір координат вершин, які утворились після зрізу.

Висновки. В роботі запропоновано алгоритм формування дискретних як упорядкованих, так і неупорядкованих точкових множин статико-геометричним методом, без процедури складання та розв'язання систем лінійних рівнянь рівноваги. Цей алгоритм дозволяє прогнозувати та формувати мікрогеометрію поверхонь деталей, що призводить до збільшення адгезійної міцності клейових з'єднань із обмеженням кількості експериментальних досліджень.

1. Потапов А.А. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью методов фрактальных сигнатур / А.А. Потапов, В.В. Булавкин, В.А. Герман, О.Ф. Вячеславова // Журнал технической физики. – 2005. – Т. 75, №5. – С.28 – 45.
2. Аулін В.В. Дослідження мікрогеометрії поверхонь тертя деталі фрактальним методом / В.В. Аулін, С.М. Лізунов // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 75, №9. – С.30 – 45.
3. Пустюльга С.І. Удосконалення статико-геометричного методу дискретного моделювання зрівноважених сіток з використанням метода Гауса/ С.І. Пустюльга, Т.А. Яцишина // Матеріали VII науково-практичної конференції «Геометричне і комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн.»-Сімферополь: КНУБА.
4. Мостовенко А.В. Координаты узлов натянутой нити при произвольно заданной нагрузке. П'ята науково-практична конф. в Сімферополі "Геометричне та комп'ютерне моделювання..." Збірник наукових праць КНУТД / А.В. Мостовенко. – Київ, 2008, с.170-174.
5. Яцишина Т.А. Вплив геометричних характеристик поверхонь оброблених деталей на адгезійну міцність при склеюванні /Т.А. Яцишина, В.Р. Самостян// Матеріали VIII науково-практичної конференції «Геометричне і комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн.»-Сімферополь: КНУБА.