

**Сорокати Р.В.,  
Диха М.О.**

Хмельницький національний університет,  
м. Хмельницький, Україна

## ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ДИСКРЕТНОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ І НАПРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНЕВИЙ СТАН

### Постановка задач досліджень

Електромеханічна обробка формує на поверхні структуру із заданим розподілом міцнісних властивостей по локальних об'ємах поверхні. Зміцнена поверхня являє собою регулярну дискретну структуру, що складається з елементів білого шару.

Дослідження, пов'язані з вивченням механізмів утворення елементів білого шару [1] показують, що змінюючи конструктивно-технологічні параметри електромеханічної обробки на поверхні можна сформувати дискретні структури з необхідним розташуванням зміцнених фрагментів і заданою площею зміцненої поверхні.

Сукупність явищ визначає особливості механічного поведіння, що протікають у поверхневому, шарі й властивостей поверхнево зміцненого зразка.

Аналіз досліджень показує [1], що для ефективної роботи зміцненої ЕМО поверхні необхідно, щоб взаємне розташування зміцнених фрагментів і площа покриття поверхні враховували особливості умов експлуатації деталей.

Оптимальними з погляду експлуатаційних характеристик будуть зміцнені ЕМО поверхні зі сформованими певним чином специфічними структурами з погляду розташування й площі покриття поверхні фрагментами білого шару.

Аналіз робіт у даному напрямку [1] показує, що більшість проведених досліджень, що стосуються електромеханічної обробки, спрямовані на вивчення механізмів й явищ, що протікають у поверхневому шарі при ЕМО, а також властивостей отриманої зміцненої поверхні.

Метою даних досліджень є аналіз впливу виду взаємного розташування елементів білого шару й площі покриття поверхні на особливості поведінки зміцненого тіла в умовах тертя.

Для аналізу проведено моделювання поведінки неоднорідного матеріалу, поверхня якого армована елементами білого шару з більш високими міцнісними характеристиками в порівнянні з матеріалом матриці в умовах тертя.

Для моделювання використовувалась кінцево - елементна модель бруска розмірами  $15 \times 15 \times 6$  мм, кожна зі сторін якого представлена у вигляді 30 елементів, що склало 27 000 елементів.

### Базова модель

Умови тертя матеріалу моделювалися додаванням до зміцненої поверхні нормальних (рис. 1, А) і дотичних (рис. 1, В) навантажень, величиною відповідно 1 й 0,1 МПа. Поверхня, протилежна зміцненій поверхні, закріплена жорстко. Розрахункова модель представлена на рис. 2.

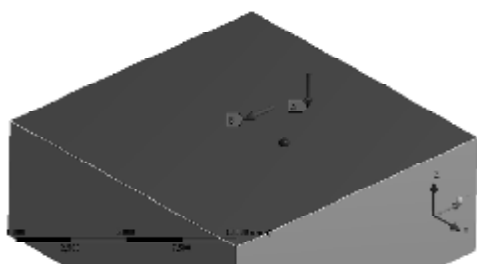


Рис. 1 – Розрахункова модель тіла в умовах тертя

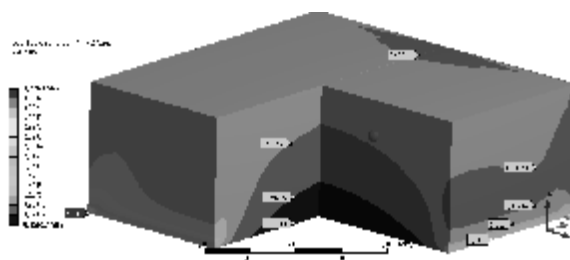


Рис. 2 – Еквівалентні (по Мізесу) напружень незміцненого тіла

Для проведення порівняльних оцінок спочатку проведений розрахунковий аналіз напружено-деформованого стану вихідного, незміцненого тіла. У результаті деформацій формується напружено-деформований стан, представлений на рис. 2 - 4.

У зв'язку з тим, що поверхня тіла піддається впливу дотичних навантажень у площині ХУ, інтерес представляє характер розподілу дотичних напружень у даній площині (рис. 3) та ізоповерхонь (рис. 4).

Аналіз напружено-деформованого стану однорідного тіла під впливом нормальних і дотичних навантажень на одній із площин показує, що розподіл дотичних напружень у площині ХУ має симетричний характер щодо площини дії дотичного навантаження (рис. 4). При цьому стискаючі й роз-

тягуючі напруження мають симетричний характер і досягають абсолютних значень 0,02 МПа (рис. 3). При цьому максимальні еквівалентні (по Мізесу) напруження досягають значень 3,8 МПа.

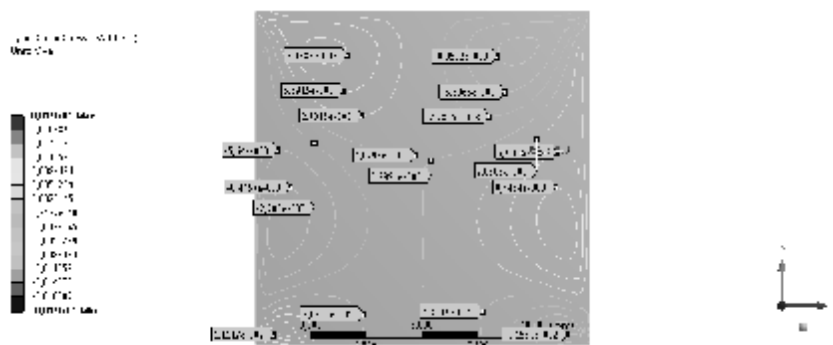


Рис. 3 – Ізоліній розподілу дотичних напружень у площині XY незміщеного тіла

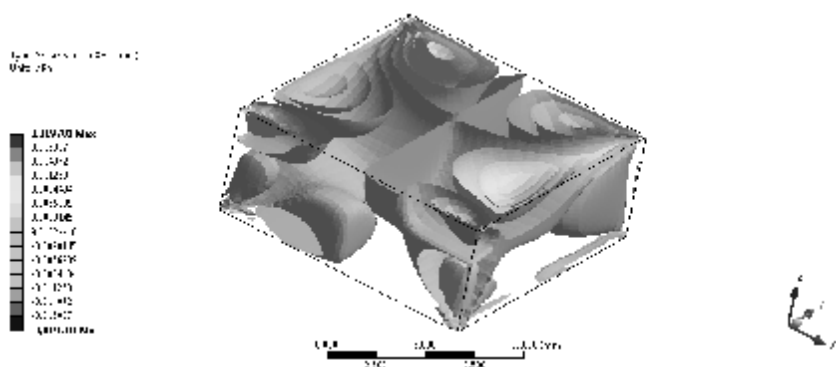


Рис.4 – Ізоповерхні розподілу дотичних напружень у площині XY незміщеного тіла

Зразки, після електромеханічної обробки, з погляду механіки деформованого тіла, представляють собою тіла з неоднорідною поверхнею, армовану сторонніми локально зміцненими зонами (ЛЗЗ). Утворення в поверхневому шарі регулярної дискретної структури приводить до зміни напружено-деформованого стану тіла в процесі навантаження. При цьому варто врахувати, що напружено-деформований стан тіла буде залежати, як від характеру прикладених навантажень, так і від геометричних параметрів взаємного розташування локально зміцненими зонами. У кожному разі, сторонні ЛЗЗ є концентраторами напружень.

#### Модельовання НДС ЕМО модифікованих поверхонь

Аналіз різних геометричних схем електромеханічної обробки поверхні, що працює в умовах нормального й дотичного навантаження показує, що взаємне розташування ЛЗЗ може істотно змінити напружено-деформований стан, як убик зменшення напружень, так й убик істотного їхнього збільшення.

При електромеханічній обробці поверхні за схемою представленою на рис. 5, елементи ЛЗЗ, які відіграють роль концентраторів напружень приводять до того, що еквівалентні напруження поверхневого шару досягають значень 740 МПа (рис. 6) і близько 400 МПа в підповерхневому шарі.

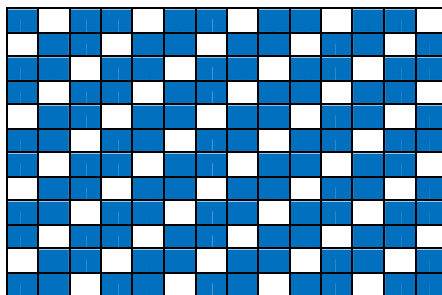


Рис. 5 – Схема розташування на поверхні зносостійких елементів

Якщо врахувати, що при цьому максимальні дотичні напруження становлять близько 370 МПа, то таке взаємне розташування зносостійких ЛЗЗ на поверхні приведе до виникнення й розвитку мікротріщин і руйнуванню поверхневого шару.

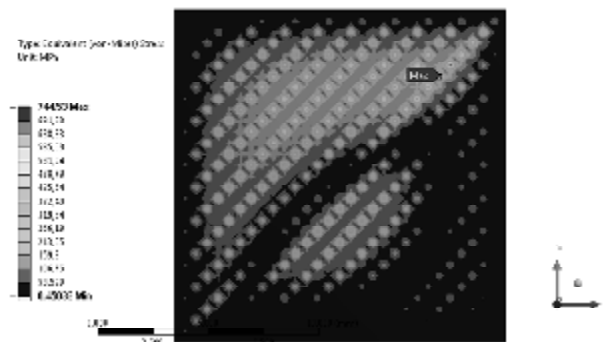


Рис. 6 – Розподіл еквівалентних напружень (по Мізесу) по поверхні тіла

Розрахунковий аналіз показує, що схема взаємного розташування ЛЗЗ (рис. 5) приводить також до виникнення істотної різниці між розтягуючими (220 МПа) і стискаючими (370 МПа) напруженнями на поверхні, що сприяє втомному руйнуванню шарів.

Таким чином, при виборі конструктивних геометричних параметрів електромеханічної обробки варто виходити з умов мінімізації напружено-деформованого стану поверхневого шару з урахуванням умов функціонування деталі.

Аналіз різних геометричних, технологічно реалізованих варіантів обробки поверхні показує, що найбільш оптимальною схемою, з погляду мінімізації напруженого стану поверхні, що працює в умовах тертя, буде схема, представлена на рис. 7. Тобто оптимальним є варіант розташування ЛЗЗ у вигляді перехресних ділянок обробки.

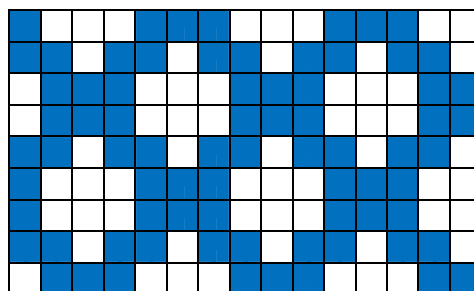


Рис. 7 – Схема розташування на поверхні зносостійких елементів

Аналіз отриманих результатів показує, що завдяки оптимальному взаємному розташуванню ЛЗЗ і площі покриття поверхні можна досягти мінімального впливу концентрації напружень за рахунок ЛЗЗ у поверхневому шарі.

Порівняльний аналіз еквівалентних напружень (по Мізесу) однорідного тіла і зміцненого ЕМО по оптимальній схемі показує, що максимальні напруження мають однакові значення 3,77 МПа. При цьому максимальні дотичні напруження зміцненого тіла і незміцненого становлять 2 МПа.

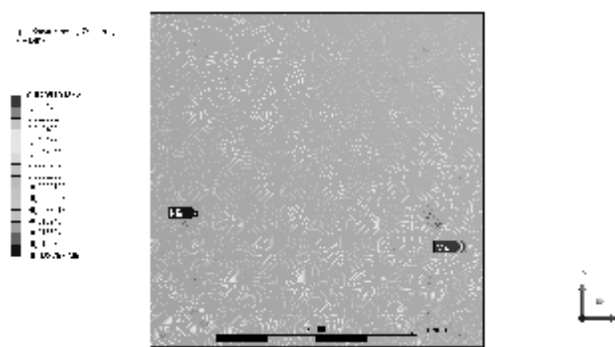


Рис. 8 – Ізольовані розподілу дотичних напружень у площині XY оптимально зміцненого тіла

Аналіз розподілу дотичних напружень (рис. 8 - 9), показує, що на поверхні виникають розтягуючі і стискаючі дотичні напруження рівні по абсолютній величині. Максимальні значення становлять 0,02 МПа, що практично дорівнює максимальним значенням напружень незміщеного тіла 0,019 МПа.

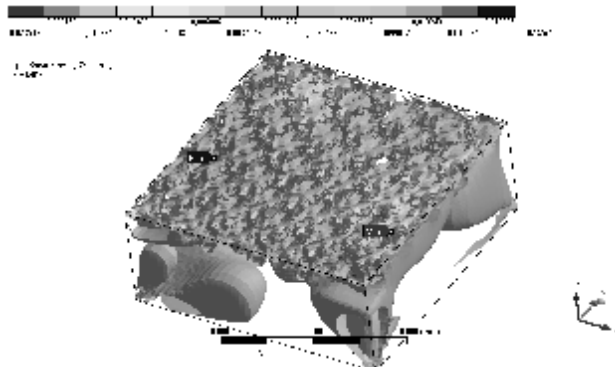


Рис. 9 – Ізоповхні розподілу дотичних напружень у площині XY оптимально зміщеного тіла

Таким чином, шляхом правильного вибору схеми обробки, взаємного розташування зносостійких елементів білого шару можна досягти мінімальної концентрації напружень у поверхневому шарі в процесі експлуатації при цьому істотно збільшити зносостійкість поверхні.

Мінімізація напруженого стану поверхні шляхом варіювання розташуванням ЛЗЗ сприяє одержанню на поверхні напружено-деформованого стану (рис. 8, 9), що сприяє підвищенню втомної міцності поверхневого шару.

Слід зазначити, що аналіз різних геометричних, технологічно реалізованих варіантів обробки поверхні показав, що для обраної схеми (рис. 7) оптимальна площа зміцнення поверхні склала 0,54. Збільшення або зменшення площі покриття приводило до збільшення всіх складових напружено-деформованого стану.

Аналіз отриманих результатів показав, що переважаючим фактором у мінімізації напружено-деформованого стану поверхні є взаємне розташування зносостійких ЛЗЗ.

### Висновок

Аналіз напружено - деформованого стану поверхневого шару в результаті нанесення на поверхню дискретно - зміцнених зон електромеханічною обробкою з різними геометричними параметрами показав, що за критерієм мінімізації залишкових напружень найбільш оптимальним є перехресний зміцнений профіль, який займає 54 % всієї несучої поверхні.

### Література

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. – М.: Машиностроение, 1989. – 200 с.

Надійшла 01.11.2012