

**Сорокати Р.В.,
Диха М.О.,
Посонський С.Ф.**

Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна
E-mail: tribosenator@gmail.com

НАПРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНЕВИЙ СТАН ДИСКРЕТНО ЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ

УДК 621.891

Проведений розрахунковий аналіз напруженого стану дискретно зміцненої поверхні при різних ступенях дискретності та встановлені його оптимальні значення за критерієм мінімуму напружень в поверхневому зміцненому шарі.

Ключові слова: напружений стан, поверхневий шар, дискретне зміцнення.

Вступ

Дискретне зміцнення [1 - 2] електроконтактною цементацією поверхні формує в локальних об'ємах поверхневого шару структури з міцністими властивостями, які відмінні від властивостей основи матеріалу.

Змінюючи конструктивно-технологічні параметри ДЕКЦ в поверхневому шарі можна сформува-ти дискретні структури з заданим розміщенням та площею зміцненої поверхні. Сукупність явищ, які відбуваються в поверхневому шарі є визначальними для механічних властивостей поверхні зміцненого зразка.

В якості фактора, який суттєво впливає і дозволяє ефективно керувати механічними властивостями зміцненого поверхневого шару вибрано площу зміцненої поверхні, яка кількісно оцінюється коефіцієнтом дискретності.

Метою даного дослідження є аналіз впливу площі зміцненої поверхні на особливості поведінки зміцненого шару в умовах тертя.

Для аналізу проведено моделювання неоднорідного матеріалу, поверхня якого армована елементами цементованого шару з більш високими місцевими властивостями в порівнянні з матеріалом основи в умовах тертя.

Для моделювання використано скінчено-елементну модель бруска з розмірами $15 \times 15 \times 15$ мм, кожна із сторін якого представлена у вигляді 30 елементів (рис. 1).

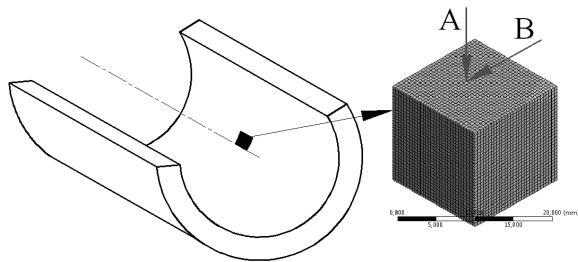


Рис. 1 – Скінчено-елементна модель тіла

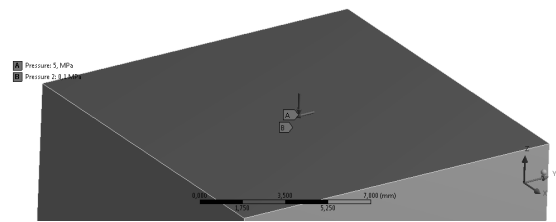


Рис. 2 – Розрахункова модель в умовах тертя

Умови тертя матеріалів моделювалися прикладанням до зміцненої поверхні нормальних (рис. 2, А) та дотичних (рис. 2, В) навантажень, величиною відповідно 5 та 0,1 МПа.

У поверхні, яка знаходиться навпроти зміцненої поверхні було забрано всі ступені вільності. Розрахункова модель представлена на рис. 2.

Для проведення порівняльного аналізу в першу чергу було проведено розрахунковий аналіз напружено деформованого стану тіла, в якого поверхневий шар зміцнено повністю, тобто коефіцієнт дискретності має значення 1. Отримані результати відображено на рис. 3 - 4.

Враховуючи, те що на поверхню тіла діють дотичні навантаження в площині ХУ, важливо знати характер розподілу дотичних напружень в даній площині (рис. 4).

Аналіз напружено-деформованого стану тіла із повністю зміцненою поверхнею під дією нормальних та дотичних навантажень на одній з площин показує, що розподіл дотичних напружень в площині ХУ носить симетричний характер відносно напрямку дії дотичного навантаження (рис. 4). При цьому стискаючі та розтягуючі напруження носять симетричний характер і досягають абсолютних

значень 21 МПа. При цьому максимальні ефівалентні (за Мізесом) напруження сягають значень 215 МПа (рис. 3).

В: площинність розбинок

Figure 3
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
16.01.2015 9:49

215,85 Max
200,55
185,25
169,94
154,64
139,34
124,04
108,74
93,43
78,131
62,829
47,527
32,224
16,922
1,6201 Min

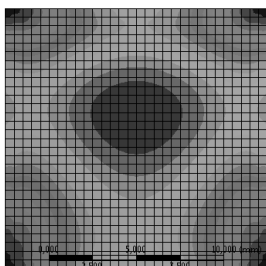


Рис. 3 – Еквівалентні (за Мізесом) напруження зміцненого тіла (коефіцієнт дискретності $K_D=1,0$)

D: площинність розбинок

Figure 2
Type: Shear Stress (XY Plane)
Unit: MPa
Global Coordinate System
Time: 1
16.01.2015 9:49

21,389 Max
18,334
15,278
12,223
9,167
6,1115
3,0559
0,00028915
-3,0551
-6,1107
-9,1662
-12,222
-15,277
-18,333

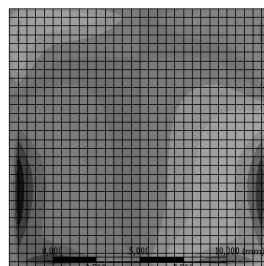


Рис. 4 – Дотичні напруження в площині XY зміцненого тіла (коефіцієнт дискретності $K_D=1,0$)

Зразки, після ДЕКЦ з коефіцієнтом дискретності меншим від 1, з точки зору механіки деформованого тіла, є не що інше, як тіла з неоднорідною поверхнею, армованою сторонніми включеннями. Поява в поверхневому шарі дискретно розмішених сторонніх включень призводить до зміни напружено-деформованого стану тіла в процесі навантаження, при цьому сторонні навантаження відіграють роль концентраторів напружень.

Результати розрахункового аналізу напружено - деформованого стану поверхні тіла після ДЕКЦ з різними коефіцієнтами дискретності наведено на рис. 5 - 16.

Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa

47,130 Max
43,733
40,328
36,922
33,517
30,111
26,706
23,3
19,895
16,49
13,084
9,6786
6,2732
2,8670 Min

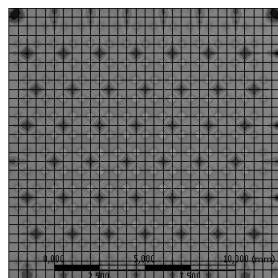


Рис. 5 – Еквівалентні (за Мізесом) напруження зміцненого тіла ($K_D=0,25$)

Type: Shear Stress (XY Plane)
Unit: MPa

3,9136 Max
3,3156
2,7177
2,1197
1,5217
9,3076
8,7096
-0,21218
-4,8091
-9,4177
-14,026
-18,634
-23,242
-27,850

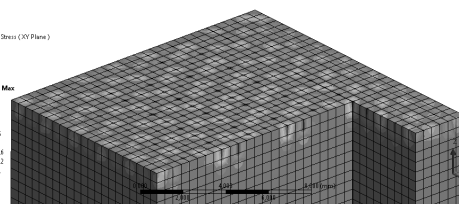


Рис. 6 – Дотичні напруження в площині XY зміцненого тіла ($K_D=0,25$)

Type: Maximum Shear Stress
Unit: MPa

25,434 Max
23,726
22,017
20,308
18,6
16,891
15,182
13,473
11,765
10,056
8,347
6,6386
4,9298
3,2212
1,5125 Min

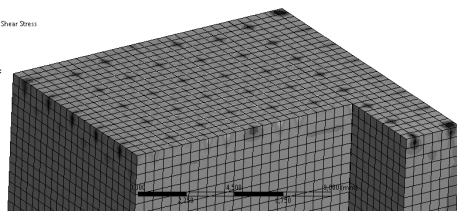


Рис. 7 – Максимальні дотичні напруження зміцненого тіла ($K_D=0,25$)

Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa

31,422 Max
29,111
26,801
24,49
22,179
19,869
17,558
15,247
12,937
10,626
8,3151
6,0044
3,6937
1,383 Min

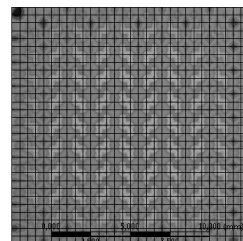


Рис. 8 – Еквівалентні (за Мізесом) напруження зміцненого тіла ($K_D=0,45$)

Type: Shear Stress (XY Plane)
Unit: MPa

2,5854 Max
2,1802
1,7751
1,3699
9,9699
9,5647
9,1594
8,7542
-0,13446
-0,52936
-0,92426
-1,3191
-1,714
-2,1089

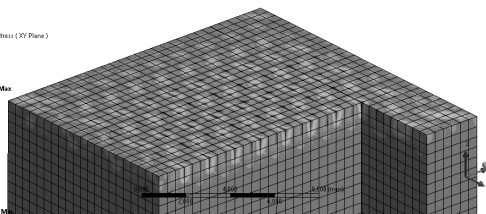


Рис. 9 – Дотичні напруження в площині XY зміцненого тіла ($K_D=0,45$)

Type: Maximum Shear Stress
Unit: MPa

16,954 Max
15,754
14,554
13,354
12,154
10,954
9,754
8,554
7,354
6,154
4,954
3,754
2,554
1,354
0,154 Min

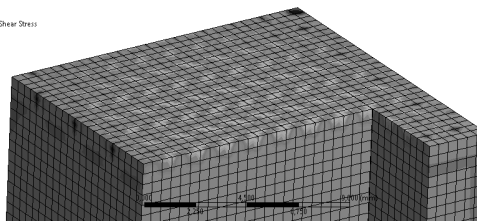


Рис. 10 – Максимальні напруження зміцненого тіла ($K_D=0,45$)

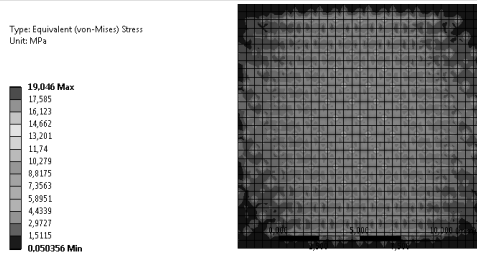


Рис. 11 – Еквівалентні (за Мізесом) напруження зміцненого тіла ($K_D = 0,65$)

Аналіз напружено - деформованого стану тіла при різних коефіцієнтах дискретності вказує, що наявність сторонніх включень може суттєво змінити напружено - деформований стан, як сторону зменшення навантажень так і в сторону їх збільшення.

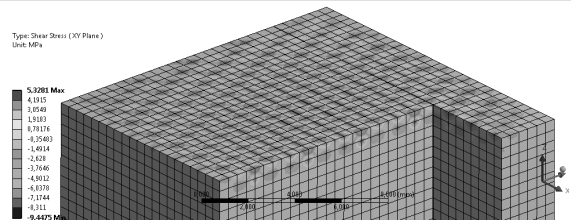


Рис. 12 – Дотичні напруження в площині XY зміцненого тіла ($K_D = 0,65$)

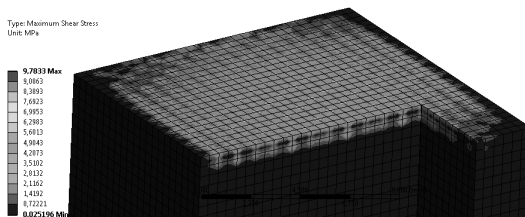


Рис. 13 – Максимальні напруження зміцненого тіла ($K_D = 0,65$)

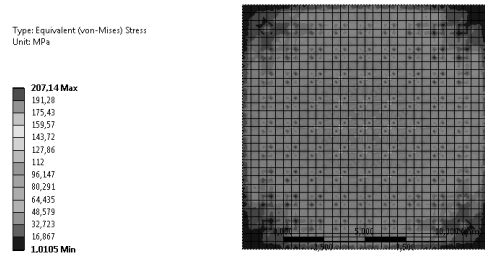


Рис. 14 – Еквівалентні (за Мізесом) напруження зміцненого тіла ($K_D = 0,75$)

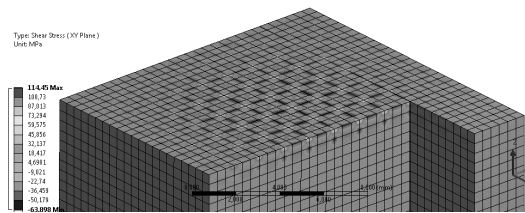


Рис. 15 – Дотичні напруження в площині XY зміцненого тіла ($K_D = 0,75$)

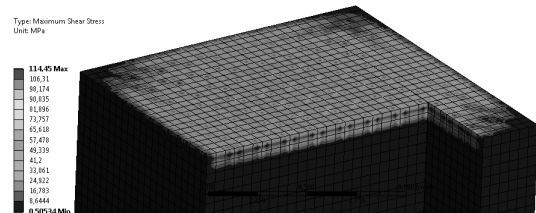


Рис. 16 – Максимальні напруження зміцненого тіла ($K_D = 0,75$)

Аналіз отриманих результатів показує, що по мірі росту коефіцієнта дискретності від значень 0,25 до 0,65 відбувається зменшення еквівалентних напружень в поверхневому шарі. Так при $K_D : 0,25$ значення максимальних еквівалентних (за Мізесом) напружень складає 47 МПа, при $K_D : 0,45$ 31 МПа, і при значеннях $K_D : 0,65$ 19 МПа.

Аналогічний характер залежностей спостерігається і для максимальних дотичних напружень. При $K_D : 0,25$ значення максимальних дотичних напружень складає 25 МПа, при $K_D : 0,45$ 17 МПа, і при значеннях $K_D : 0,65$ 10 МПа.

При цьому дотичні напруження в площині XY змінюються не суттєво – від 4 до 5 МПа.

При збільшенні коефіцієнта дискретності до 0,75 всі характеристики напруженого стану поверхні суттєво зростають. Так максимальні еквівалентні (за Мізесом) напруження зросли до 207 МПа, а максимальні дотичні – до 114 МПа.

Результати розрахунків напружено-деформованого стану зміцненої поверхні з достатньою мірою адекватності підтверджують результати, отримані експериментальним шляхом. Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що особливості напружено - деформованого стану поверхні, які виникають в процесі функціонування дискретно зміцненої поверхні суттєво впливають на перебіг процесів зношування. Так за рахунок зміни ступені дискретизації поверхні можна досягнути мінімальної концентрації напружень в поверхневому шарі і тим самим суттєво збільшити зносостійкість, що спостерігається при значеннях коефіцієнта дискретності близьких до 0,6. При збільшенні, або зменшенні площі зміцненої поверхні відбувається ріст значень всіх складових характеристик напружено-деформованого стану.

Висновки

1. Розрахунковий аналіз напруженого стану дискретно зміцненої поверхні при різних коефіцієнтах дискретності вказує, що напружено-деформований стан, який виникає в поверхневому шарі при терті є одним із основних факторів, що визначають зносостійкість шару.

2. Чисельне моделювання напруженого стану дискретно зміцненої поверхні в процесі функціонування вказує, що при значеннях коефіцієнта дискретності наближених до 0,6 спостерігається мінімальна концентрація напружень, і всі компоненти напружено-деформованого стану є найнижчими.

Література

1. Диха О.В. Дискретна електроконтактна цементация циліндричної поверхні [Текст] / В.П. Вельбой, С. Ф. Посонський, О.В. Диха, О.С. Дробот // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2011. – № 3. – С. 29-30
2. Диха О.В. Модифікація поверхневої будови трибосполучень комбінованою електрофізичною обробкою [Текст] / О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.П. Бабак, А.А. Вичавка // Наукові нотатки. – 2011. – № 31. – С. 124–128.

Поступила в редакцію 25.05.2015

Sorokaty R.V., Dykha M.O. Posonsky S.F., **The tense superficial state of the discretely fixed surfaces of friction.**

The calculation analysis of the tense state of the discretely fixed surface is conducted at the different degrees of discreteness and set it optimum values after the criterion of a minimum of tensions in the superficial fixed layer.

Key words: tense state, superficial layer, discrete strengthening.

References

1. Dykha O.V. Dyskretna elektrokontaktna tsementatsiia tsylindrychnoi poverkhni, V.P. Velboi, S. F. Posonskyi, O.V. Dykha, O.P. Drobot, Problemy trybolohii (Problems of Tribology). 2011. № 3. P. 29-30
2. Dykha O.V. Modyfikatsiia poverkhnevoi budovy trybospoluchen kombinovanoi elektrofizychnoiu obrobkoiu, O.V. Dykha, S.F. Posonskyi, O.P. Babak, A.A. Vychavka, Naukovi notatky. 2011. № 31. P. 124–128.