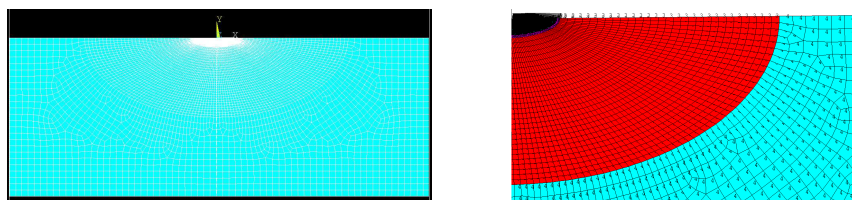
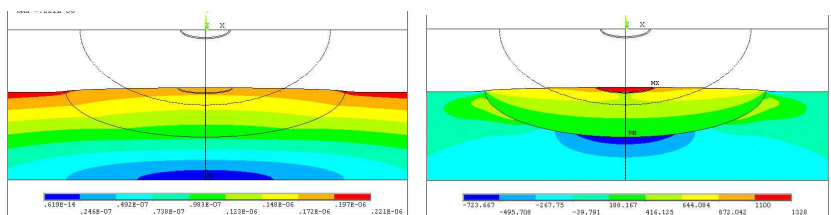


ним при зміні контактної сили, тобто чим більший тиск, тим більше деформується тіло деталі, тим більший ефект перерозподілу зусиль контактної взаємодії на користь переважного спряження з ДЗЗ.



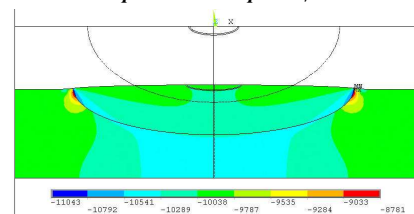
вся модель
фрагмент в області ДЗЗ

Рис. 2. Скінченно-елементна модель

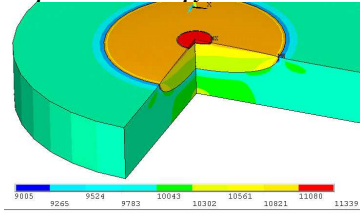


Вертикальні переміщення

Перші головні напруження



Треті головні напруження



Інтенсивність напружень за Мізесом

Рис. 3. Компоненти напружено-деформованого стану в області ДЗЗ

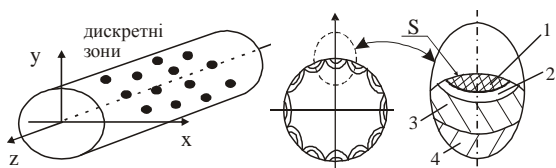


Рис. 4. Схема нанесення та характерні зони при дискретно-континуальному зміцненні (S – поверхня зміцнення):

- 1 – дискретна зона зміцнення – зона «білого металу»;
- 2, 3 – перехідні зони;
- 4 – основний матеріал

Для аналізу впливу різних факторів на НДС реальних конструкцій, що піддані дискретно-континуальному зміцненню, побудовано просторову скінченно-елементну модель фрагменту приповерхневої частини опорної частини валу, що підданий дискретно-континуальному зміцненню. Оскільки для

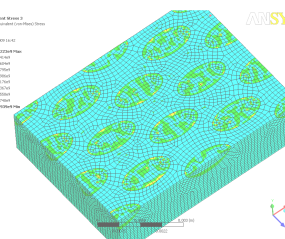


Рис. 5. Скінченно-елементна модель підповерхневого шару опорної частини валу та еквівалентні напруження за Мізесом

повного моделювання опорної частини валу потрібна надто велика (сотні мільйонів ступенів вільності) СЕМ, то було визначено репрезентативну множину ДЗЗ, що входить до складу відповідного секторного вирізу (рис. 5).

На рис. 6 – типова картина розподілу вертикальних переміщень вздовж відрізка прямої, що проходить через центри дискретно зміцненої зони. Видно, що спостерігається та ж картина переміщень, що й у випадку одиничних ДЗЗ, але з періодом повторення, який дорівнює кроку розміщення дискретних зон зміцнення.

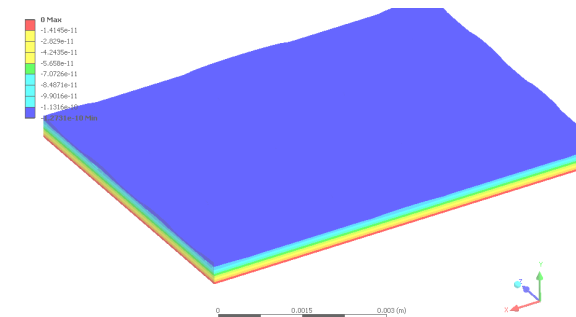
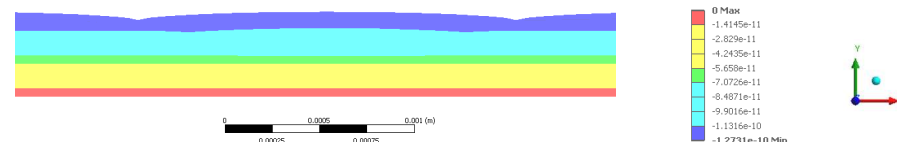


Рис. 6. Картина деформованого стану у приповерхневому шарі деталі

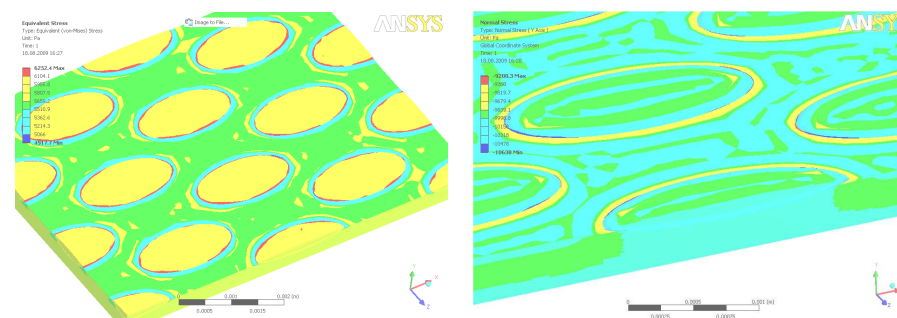


Рис. 7. Картини напруженого стану у приповерхневому шарі деталі

Кількість варійованих параметрів P технологічного процесу у даному випадку довільна, сама множина P може бути поповнювана. Це є надзвичайно важливою перевагою запропонованого теоретичного підходу до розв'язання задачі. Крім того, математична модель дозволяє досліджувати всі аспекти НДС, а скінченно-елементна модель відтворює усі переваги запропонованого підходу. Кількість скінченних елементів навіть для окремого секторного вирізу валу досягає кількох мільйонів одиниць ступенів вільності.

Тому для дослідження НДС об'єкту, що представлений на рис. 5, потрібні великі обчислювальні ресурси, які забезпечує створений і описаний раніше програмно-апаратний комплекс [1, 2]. Саме ці обставини дали можливість провести комплекс досліджень, деякі результати яких представлені на рис. 6-8.

Ще більші ресурсні вимоги – при повномасштабному моделюванні макрочастини деталі або деталі повністю. При цьому на перший план виступає проблема різномасштабності зон, що досліджуються: від кількох мікронів до метрів. Для узгодження сіток скінченних елементів автори розробили та застосували спеціальні алгоритми.

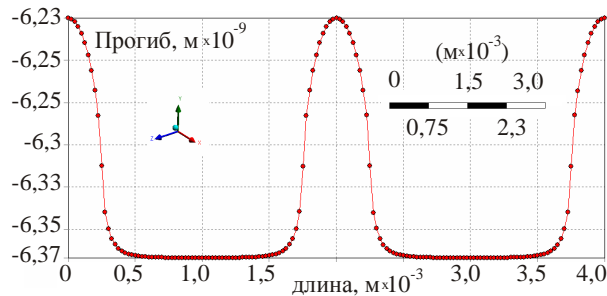


Рис. 8. Картина переміщень поверхні деталі

Як видно із порівняльного аналізу одержаних розподілів компонентів НДС (рис. 6-9), збільшення відносної жорсткості матеріалу зміцнення сприяє підсиленню позитивного впливу виявленого Δ -ефекту зміцнення та збільшення стійкості поверхні S до зношування. Що стосується впливу параметру f , то спостерігається рекомендована зона ($f_w \in [0,6; 0,8]$), при попаданні коефіцієнту дискретності в котрий Δ -ефект найбільш дієвий.

Як показав аналіз напруженого стану опорної частини валу, крім виявленого Δ -ефекту, значення має ще так званий « σ -ефект». Він полягає в тому, що при сумісному деформуванні розплавленого матеріалу ДЗЗ створюється залишковий напружений стан, який при суперпозиції з напруженим станом від дії тиску P дає ефект зменшення рівня результуючих напружень (рис. 7). Аналіз показує, що найбільший « σ -ефект» досягається в діапазоні $f \in [0,5 \div 0,8]$. Таким чином, співставлення « Δ -ефекту» та « σ -ефекту», а також залучення інших міркувань, дає змогу визначити рекомендований інтервал параметру дискретності покриття: $f^* \in [0,65 \div 0,75]$.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що в результаті комплексу досліджень обґрунтовані раціональні параметри запропонованого технологічного процесу дискретно-континуального зміцнення високонавантажених елементів машин, механізмів і окремих деталей.

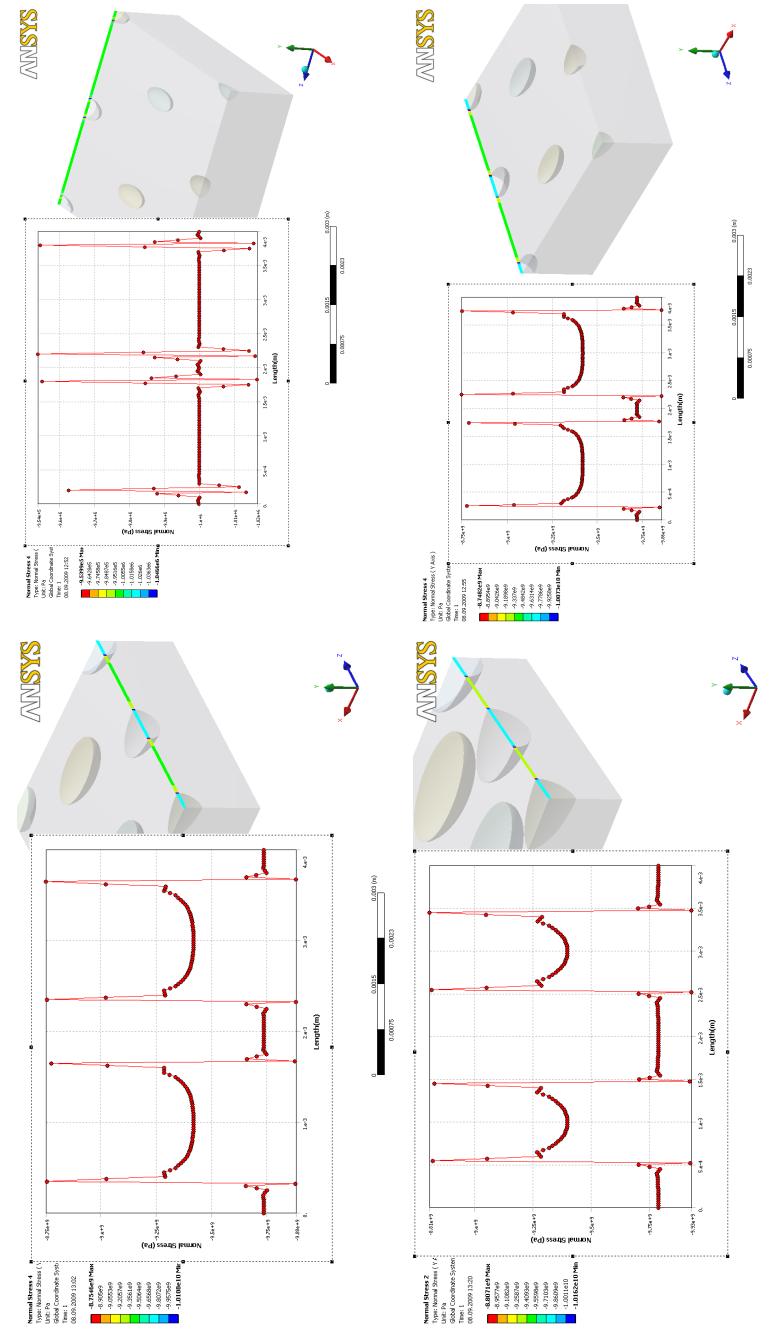


Рис. 9. Картини розподілу контактного тиску у поверхневому шарі деталі