

## МОДЕЛЮВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНУ

Генеративні технології, які складають важливий розділ інтегрованих технологій, в останнє десятиліття отримали значний розвиток і охопили надзвичайно об'ємні галузі промислового виробництва в авіації, автомобілебудуванні, приладобудуванні, медицині, археології тощо.

Генеративний дизайн – це процес конструювання структури деталі та її параметрів при заданому критерії оптимальності зі збереженням або поліпшенням її функціональних можливостей.

На відміну від традиційних технологій проектування, генеративний дизайн дозволяє змінити стандартну геометрію на геометрію, спеціально адаптовану під певну технологію виготовлення. І це може бути, як традиційна технологія (наприклад, лиття), так і адитивний процес.

Програмне забезпечення для генеративного дизайну (топологічної оптимізації) перебудовує початкову геометричну модель об'єкта. При цьому завантажується геометрична модель виробу, яка раніше створена іншим методом. Завантажуючи модель в певне програмне забезпечення, ми маємо змогу відзначити місця, які не будуть підлягати змінам, наприклад, це можуть бути місця для кріплення.

Все інше, що не потрапило в ці зони, але також належать деталі, називаються *design space*, тобто це ті зони деталі, де програма генерує нову геометрію.

Відповідно до службового призначення виробу та умов експлуатації прикладаються навантаження, які деталь повинна витримувати, тобто створюється силова схема навантажень. І далі, на основі заданих параметрів, програма створює нову оптимізовану геометрію, де критерієм оптимізації є мінімальна маса деталі. Між незмінними місцями для кріплення вона вибудовує нову модель.

Процес побудови нової моделі досить витратний за часом і вимагає великих обчислювальних ресурсів. Далі для верифікації отриманої моделі виконується аналіз напруження в кожному перетині деталі, з метою визначення допустимості отриманої геометрії. При цьому використовується метод скінченних елементів. Для кожного елемента виробу програма генерує та вирішує інтегральні рівняння, враховуючи при цьому взаємозв'язок між усіма перетинами.

У випадку негативного висновку виконується перебудова геометрії деталі. Потім геометрія затверджується і може бути передана на наступний етап підготовки виробництва.

Генеративний дизайн, як правило, має аморфні форми, в яких немає плоских, прямих ліній, а можуть бути сплайни другого порядку. При дотриманні тих же самих експлуатаційних властивостей деталі таке моделювання дозволяє зменшити масу виробу, що є дуже важливим при проектуванні та виготовленні багатьох механізмів та машин. Зниження маси виробу при збереженні функціоналу виробу – це завдання номер один в літакобудуванні, авіакосмічній галузі і автомобілебудуванні тощо.

Для топологічної оптимізації обирають деталі в механізмах приладів та машин, які припускають зменшення маси при збереженні їх експлуатаційних властивостей.

Як приклад розглянуто деталь «Коромисло», яка є відповідальною деталлю при роботі поворотного механізму (рис. 1).

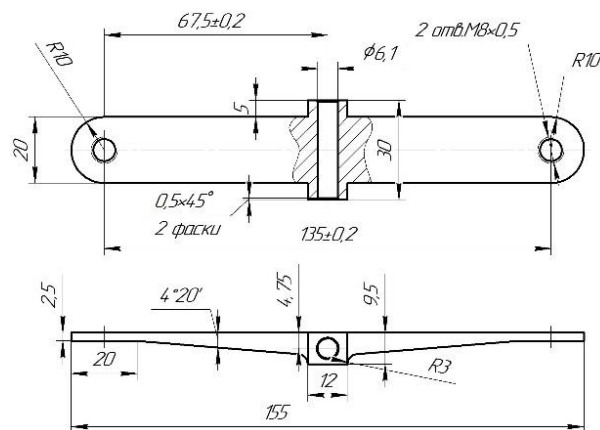


Рис. 1. Ескіз деталі «Коромисло»

Деталь виготовлена зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71 та має масу 102 г. На першому етапі аналізували початкову геометрію деталі, яка орієнтована для виготовлення традиційними методами виробництва на універсальному обладнанні. Тривимірну модель деталі створювали в програмному середовищі Solid ST 10 (рис. 2, а), яку в подальшому імпортували в ANSYS Workbench.

Використання програмного забезпечення ANSYS обумовлено необхідністю аналізу стану деталі в процесі її експлуатації. Програма дозволяє моделювати закріплення та прикладені сили на деталь, що в свою чергу дає можливість визначити розподіл напружень в матеріалі деталі та деформації.

Для аналізованої деталі виконували її закріплення у вигляді фіксації по внутрішній поверхні центрального отвору, а прикладання робочих сил здійснювали на внутрішні циліндричні поверхні отворів під кріплення. Виходячи з умов експлуатації величина робочих сил складала 500 Н.

Результат аналізу моделювання напружень та деформації представлено на рис. 2, б та рис. 2, в, з яких видно, що напруження знаходяться в діапазоні від 212,26 кПа до 63,113 МПа, а деформація – від 0 до 0,28336 мм.

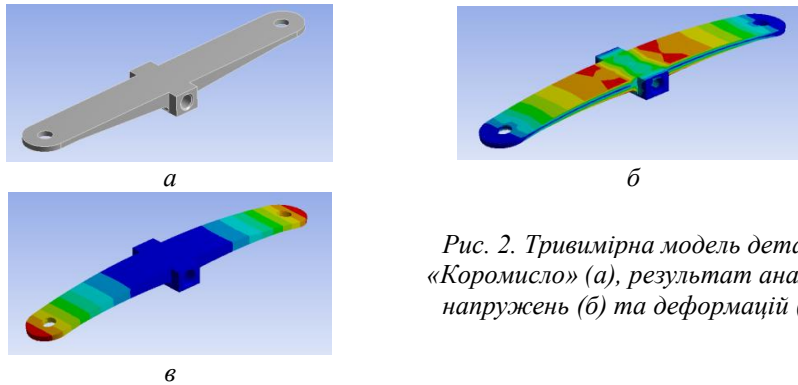


Рис. 2. Тривимірна модель деталі «Коромисло» (а), результат аналізу напружень (б) та деформацій (в)

Далі переходили до етапу топологічної оптимізації, яку виконували також в середовищі Solid ST 10, де критерієм оптимізації деталі була її мінімальна вага.

Для цього випадку виконували зменшення ваги деталі на 50%, результати якого представлені на рис. 3, а та рис. 3, б.

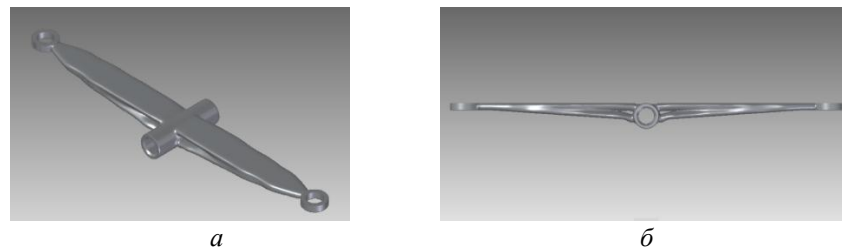


Рис. 3. Результат генеративного дизайну: ізометричний вид (а), вид зліва (б)

Через складність отриманої форми поверхні деталі дане рішення потребує подальшого допрацювання спеціалістом.

Таким чином, отримано модель деталі (рис. 4, а), яка має масу 61,5 г, що приблизно на 40% менше від початкової маси деталі. Далі повторювали етап аналізу напружень і деформації, як і для початкової деталі у програмному середовищі ANSYS, результати представлені на рис.4, б та рис.4, в.

При цьому значення напруження знаходяться в діапазоні від 23,951 кПа до 105,48 МПа, а диформації – від 0 до 0,3258 мм. На цьому етапі аналізується можливість використання деталі з такою геометрією в механізмі з огляду на її фізико-механічні характеристики, якщо результат аналізу є негативним, то відбувається повторна оптимізація моделі деталі

**Висновок.** Використання методів генеративного дизайну та програмного забезпечення Solid ST 10 при моделювання конструкції виробу дозволило зменшити масу удосконалених деталей при збереженні їх експлуатційних властивостей.

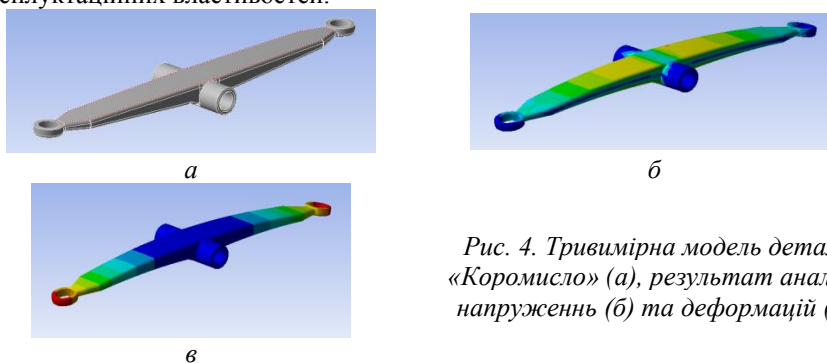


Рис. 4. Тривимірна модель деталі «Коромисло» (а), результат аналізу напружень (б) та деформацій (в)